

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра технологія машинобудування

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____

Ю.В. Петраков

«____» _____ 2020р.

Магістерська дисертація на
здобуття ступеня магістра

зі спеціальності **131. Прикладна механіка. Технологія машинобудування**

на тему: Моделювання технологічних процесів за допомогою
інноваційних програм.

Виконав: студент 6 курсу, групи **МТ- 93мп**

_____ Сухіашвілі Важа Вахтангович _____

Науковий керівник _____ д.т.н. професор Воронцов Б.С. _____

_____ Консультант _____

Рецензент _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО» МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра технології машинобудування

Кафедра технології машинобудування

Спеціальність **131. Прикладна механіка.**

Спеціалізація **Технологія машинобудування**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ Ю.В. Петраков

«__» _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

На магістерську дисертацію студенту

Сухіашвілі Важи Вахтанговича

1. Тема дисертації **«Моделювання технологічних процесів за допомогою інноваційних програм»**,
науковий керівник: Воронцов Б. С. д.т.п. професор,

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2020р. №_____

2. Термін подання студентом дисертації «__» _____ 2020р.
3. Об'єкт дослідження: оптимізація процесу технологічного підготовки виробництва.
4. Предмет дослідження: Вибір методу виготовлення деталі в цифровому просторі.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Провести аналіз літературних джерел щодо процесу підготовки виробництва за допомогою моделювання в цифровому середовищі, математичне обґрунтування логіки побудови зав'язків при побудові моделювання, розробка Startup- проекту.
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: презентація PowerPoint

7. Орієнтовний перелік публікацій: Сухіашвілі В.В. «Залежність стратегії і методів обробки, при фрезеруванні», «Уральский научный вестник» - наука, технологія машинобудування.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літературних джерел	17.09.2020	
2	Ознайомлення з існуючими на ринку програмами	08.10.2020	
3	Математичне пояснення логіки моделювання технологічних процесів.	12.11.2020	
4	Створення математичної моделі	12.11.2020	
5	Підготовка до публікації статі	11.11.2020	
6	Підготовка магістерської дисертації	13.11.2020	

Студент

В.В. Сухіашвілі

Науковий керівник дисертації

Б.С. Воронцов

РЕФЕРАТ

Магістерська робота включає в себе: зміст, вступну частину, чотири розділи та висновки, список використаної літератури. Робота містить в собі 80 сторінок тексту, 43 рисунків, таблиць 9, 27 найменувань використаних літературних джерел.

Актуальність теми. Тема з часом стає все більш актуальнішою, і набуває попиту. Всі підприємці прагнуть випускати свою продукцію якіснішою, дешевшою, та за менший час з мінімальними особистими зусиллями на розробку. Передові технології одночасно і з продуктивністю дають не погану зацікавленість та активність у споживача (клієнта), слугує на користь.

Зміст

Вступ.....	6
 Розділ 1. СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Огляд питання «Імітаційне моделювання» 	8..
1.2 Симуляція. Класифікації видів моделювання.....	13.
1.3 Планування ресурсів підприємства та оптимізація 	15.
1.4 Виробнича практика.....	21
 Розділ 2. "Організація технологічної підготовки виробництва" Розрахунок технологічної собівартості продукції і вибору найбільш оптимального варіанту технологічного процесу.	
2.1 Об'єкт дослідження 	28..
2.2 Моделювання експериментального зразка. 	28..
2.3 Вирішення задачі вибору технологічного процесу з трьох запропонованих варіантів.....	36.
2.4. Оцінка точності при виборі найбільш економічно доцільного методу виготовлення деталі.....	39
 РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ	42
3.1 Методика експериментальних досліджень.....	42
3.2. Симуляція задачі, вибору технологічного процесу з трьох запропонованих варіантів.....	43

3.3. Показники на виході симуляції.....	45
3.4. Модулі та функціонал	47
3.5 Вплив роботів на розвиток імітаційного виробництва.....	48
3.6 Висновок розділу.....	53

РОЗДІЛ. 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ТОЧНІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ТА МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ ВИГОТОВЛЕНИХ НА 3D- ПРИНТЕРІ».....

4.1 Опис ідеї проекту.....	56
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	59
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту....	60
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	68
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту.....	71
ВИСНОВОК.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	78

АНОТАЦІЯ

Основним завданням є дослідження методу визначення Принципів роботи програмного забезпечення яке користується певними алгоритмами та може навчатись сама.

Вивчення задачі про найкоротший шлях за допомогою графів. Визначення кращого варіанту оброблення майже без втручання людини. Проведена робота в цифровому середовищі та реалізований приклад з технологічним процесом виготовлення деталі з алгоритмами. сформульовано типову задачу вибору проведення експерименту, проаналізовано зміну параметрів шорсткості та точності відносно зміни технологічних параметрів.

У п'ятому розділі розроблено стартап-проект, де описана ідея та зміст проекту, проаналізовано сильні та слабкі сторони, можливості виходу на ринок.

Вивчено не традиційне для вітчизняного ринку програмного продукту . Який об'єдную у собі всіх замовників та промисловців, створюючи дійсно комфортну платформу для цікавої дослідницької роботи або випробовування креативних не дешевих технологічних процесів з найменшим відсотком похибки симуляції . Розвиток промисловості, переобладнання цехів, допомагає дуже спростити момент прорахунку .За допомогою якого можна приймати рішення по організації виробництва та на рівні підготовки, або модернізацію

ANNOTATION

The main task is to study the method of determination

Principles of software that uses certain algorithms and can learn itself. Study the problem of the shortest path using graphs. Determining the best treatment option almost without the intervention of a doctor.

Work in the digital environment is carried out and the example with technological process of manufacturing of a detail with algorithms is realized. a typical choice problem is formulated conducting the experiment, the change of roughness parameters and accuracy with respect to changes in technological parameters. In the fifth section, a startup project is developed, which describes the idea and content project, analyzed the strengths and weaknesses, market access opportunities.

A non-traditional software product for the domestic market has been studied. Which unites all customers and industrialists, creating a really comfortable platform for interesting research or testing of creative not cheap technological processes with the lowest percentage of simulation error. The development of industry, re-equipment of shops, helps to greatly simplify the moment of miscalculation. With which you can make decisions on the organization of production and training, or modernization.

ВСТУП

Потреба у скороченні часу на розробку разом з зростаючим попитом на більшу кількість орієнтованих клієнтів призвели до наступного покоління систем інформаційних технологій (ІТ) у виробництві.

Виробничі організації прагнуть інтегрувати їхні ділові функції та промислові відділи з новими системами, в корпоративній базі даних слідом за уніфікованим видом підприємств. Ці системи базуються на базі цифрової фабрики/ концепція виробництва, відповідно до яких системи управління виробничими даними та технології моделювання спільно використовуються для оптимізації виробництва перед початком виробництва та підтримки нарощування фаз [2]. Цифрове виробництво дозволило б, по-перше, скоротити час розробки та вартість, по-друге, інтеграція знань, що надходять із різних виробничих процесів та відділів, по-третє, децентралізація виготовлення дедалі більшої різноманітності деталей та продукція на численних виробничих майданчиках, і, по-четверте, зосередження уваги виробничих організацій на основні компетенції, ефективної роботи з іншими компаніями та постачальниками на основі ефективної ІТ-системи кооперативне машинобудування.

Описано розвиток ІТ у виробництві у наступному підрозділі. За останні кілька десятиліть широке використання ІТ у виробництві дозволило цим технологіям досягти стадії зрілості. Переваги нового інструменту були ретельно вивчені, а їх ефективність у багатьох додатках доведена. Їх область застосування варіюється від простих обробних застосувань до планування виробництва та підтримки управління. З перших років впровадження механічного контролю і до механічної обробки центри, виробничі осередки та гнучкі системи. Витрати та збільшення потужності були головними перевагами ІТ [3].

Приклад вступу ІТ, у виробничому світі, це концепція комп'ютерно-інтегрованого виробництва (computer-integrated manufacturing «CIM»). Ця концепція була введена наприкінці 1980-х років, віддаючи перевагу підвищенню продуктивності, ефективності, гнучкості експлуатації, якості продукції, чуйна поведінка ринкової диференціації та час виходу на ринок. Однак повна стратегічна перевага інформаційних технологій була на той час недостатньо зрозумілою і не могла бути використана в повній мірі [3]. Контроль запасів та вимоги до матеріалів системи планування (material requirements planning «MRP») були введені в 1960-ті та 1970-ті роки відповідно. Такі системи були додатково вдосконалені за рахунок інтеграції інструментів, здатних забезпечити потужність та функціональність планування продажів разом із можливостями планування та інструментальним прогнозуванням.

Результатом стало введення MRP із замкнутим циклом [4]. Тим не менше, досягнення в мікропроцесорній технології, початок ери Інтернету, стандартизація програмних інтерфейсів, широке визнання формальних методів для проектування та розробка програмного забезпечення та зрілість певних програмних продуктів (наприклад: реляційна база даних системи управління та автоматизоване проектування (CAD) системи) відкрили шлях для полегшення інтеграції різноманітних програмних програм [1]. Еволюція інформаційних систем протягом останнього десятиліття відіграла вирішальну роль у впровадженні нових інформаційних технологій в середовище виробничих систем [5]

Розділ 1

Розділ 1. Комп'ютерні технології

1.1 Огляд та основні поняття

CAD вважається однією з таких технологій, які підвищили продуктивність, дозволяючи швидше виготовити продукт і різко скоротити час

необхідний для розробки продукту. Хоча перші CAD-програми були по суті важкими у використанні завдяки текстовим системам введення та надзвичайно повільному обчислювальному обладнанню, їх наступники стали більш ніж необхідними в сучасних умовах в будь яких виробничих компаніях, незалежно від їх розміру.

Сьогодні на ринку доступні рішення, що пропонують сучасний фотореалістичний графічний інтерфейс користувача. Функціональність таких систем інтегрувати аналіз кінцевих елементів (finite element analysis «FEA»), кінематичний аналіз, динамічний аналіз та повне моделювання геометричних властивостей, включаючи текстуру та механічні властивості матеріалів. Системи CAD стали необхідними для сучасного виробництва та підприємств через їхню сильну інтеграцію з передовими технологіями виготовлення. CAD-моделі часто вважаються достатніми для виробництва частин, оскільки вони можуть бути використані для генерації коду, який потрібен для управління машин для виробництва деталі. Приклад - швидке створення прототипів такої технології.

Діяльність з планування процесів визначає необхідні виробничі процеси та їх послідовність для того, щоб виготовити певну деталь економічно та конкурентоспроможно [1]. До цього напрямку застосовувались системи автоматизованого планування процесів (computeraided process planning «CAPP») використовується для створення послідовних планів процесу і розглядаються як важливі компоненти CIM середовищ [6]. Денкена та ін. [7] запропонував цілісний процес виготовлення компонентів моделей планування, заснована на інтегрованому підході поєднання технологічних

та ділових міркувань з метою формування основи для розвитку вдосконалена підтримка прийняття рішень та можливості управління знаннями для вдосконалення доступних рішень CAPP. Кім і Даффі [8] ввели дискретну динамічну модель проектування та проаналізували управління алгоритмами управління замкнутим циклом процесу які покращують реакцію на такі порушення, як поспіх процесів та періодичні коливання потужності. У своїх роботах, Азаб та ЕльМарагі [9] представили роман напівгенеративна математична модель для переналадки планів макрорівневих процесів. У тій же роботі стверджував, що реконфігуруване планування процесу є важливим фактором, що сприяє змінності для розвитку продукти та системи. Нарешті, Уеда та ін. [10] запровадив новий одночасний процес планування та метод планування вирішення проблем, поставлених ситуації, коли план процесу та виробництво графік у конфлікті, використовуючи еволюційний штучний нейрон мережі, засновані на новоутвореному синтезі.

Системи автоматизованої інженерії (Computer-aided engineering «CAE») використовуються для зниження рівня апаратного прототипування під час розробки продукту та для вдосконалення розуміння системи [11]. Системи CAE підтримує велику кількість галузей інженерних досліджень, включаючи механіку рідини (обчислювання рідинної механіка), динаміка (моделювання машин і механізмів), механіка матеріалів (FEA), термодинаміка та робототехніка. Наприклад, Брінксмаєр та ін. [12] провів велике дослідження із низкою моделей, які можуть бути впроваджені в імітаційні системи. Після розвитку CAD систем концепція автоматизованого виробництва (CAM) створилась. Великий крок до впровадження систем CAM було введення комп'ютерно числовий контроль (computer numerical control «CNC»). Окрім того, що ця нова технологія спричинила революцію у виробничих системах, дозволяючи масове виробництво та більшу гнучкість [13], це також дозволило створити прямий

зв'язок між тривимірною (3D) моделлю та CAD і виготовленням. Ньюман і Насехі [14] запропонували універсальну виробничу платформу для обробки на ЧПУ, де застосовуються різні додатки автоматизованих систем (CAx) можуть безперешкодно обмінюватися інформацією. Запропонована платформа базується на стандарті STEP-NC. В додаток, стандартизація мов програмування для цих ЧПУ верстатів (код G&M та APT) змушує розробників рішень інтегрувати автоматичну генерацію коду в їх додатки. З цього моменту CAD та CAM системи були розроблені з урахуванням частини моделювання проектування та виробництва. Інженери мають здатність візуалізувати як деталь, так і виробничий процес, перевірити якість товару та потім фізично виконати виробничий процес з мінімальною ймовірністю помилки. Інші системи, такі як автоматизована якість [15] системи, також почали виникати і становитись частиною інженерного робочого процесу. Управління даними про товар (Product data management «PDM») та управління життєвим циклом товару (product life-cycle management «PLM»), навпаки, дозволяють виконувати різноманітні завдання управління даними, в тому числі робочий процес сховища, життєвий цикл, структура товару та перегляд та управління змінами. Системи PDM затверджують, що вони можуть інтегрувати та керувати всіма програмами, інформацією та процесами, що визначають продукт, від проектування до виготовлення до підтримки кінцевого користувача. Системи PDM часто використовуються для управління інформація, файли, документи та робочі процеси і потрібні для проектування, побудови, підтримки, розповсюдження, та обслуговування продуктів. Типова інформація, що стосується виробу, включає геометрію, технічні креслення, плани проектів, файли деталей, схеми складання, продукт технічні характеристики, програми G-коди, результати аналізів, кореспонденція, технічний документ та технічні зміни. PLM - це інтегрований підхід, керований інформацією до всіх аспектів життєвого циклу товару, починаючи від його дизайну створення, шляхом

його виготовлення, розгортання та технічне обслуговування, нарешті, його виведення з експлуатації та, остаточно його утилізація. Деякі переваги повідомляє використання PLM передбачає скорочення часу виходу на ринок, покращена якість продукції, зниження витрат на створення прототипів, економія за рахунок повторного використання вихідних даних, функцій для оптимізації продукції та зменшення витрат та економії завдяки повній інтеграції техніки робочих процесів. Ці системи теоретично передбачають зв'язати все, дозволяючи машинобудуванню, виробництву, маркетингу та зовнішнім постачальникам та каналу партнерів для координації діяльності. Технічно кажучи, сучасні системи PDM та PLM в основному зосереджені на адмініструванні комп'ютерними файлами, проте, однак, не мають великого доступу до фактичного вмісту цих файлів. Натомість системи CAD використовуються для розробки моделей продуктів, оскільки геометричні дані складають основну частину характеристика продукту [16]. З іншої сторони, системи PLM часто включають зрілу спільну область моделювання продукту і спрямовані на охоплення проектування та управління виробничих процесів та цифрового виробництва, остання представляє стратегічну та важливу віху в просуванні PLM. Цифрове виробництво з'явилося як технологія та дисципліна в рамках PLM, що забезпечує комплексний підхід до розробок, впровадження та перевірки всіх елементів виробничого процесу, який є передбачений конструкторами та інженерами як одне ціле основних конкурентних диференціаторів для виробників.

На сьогоднішній день сучасні рішення PDM та PLM в одній із найскладніших галузей промисловості, автомобільної промисловості, використовують такі поняття, як генеративний шаблон: рішення, спрямоване на зменшення спроектованого часу циклу в декількох процесах розробки шляхом використання комп'ютерних моделей для включення правил компонентів та знань, що відображають практику проектування та

минулий досвід. У шаблонах різні елементи, що входять в дизайн товару, поєднуються. Потім шаблони повторно використовуються або ті ж самі команди, проект або компанія, або через розширений підприємство шляхом обміну між оригіналом виробники обладнання (original equipment manufacturers «ОЕМ») та постачальники. Цей підхід на основі компонентів прискорює і спрощує процес конструювання. Під час проектування нового продукту або процесу, щоб усі отримані знання та досвід (або щодо продукту або проектування процесу) були отримані через час можна легко і швидко отримати доступ. Це можна досягти за допомогою архетипів та шаблонів. Архетип процесу - це спосіб класифікації стандартних рішень, які надалі не потребують розробки, щоб вони могли бути доступними будь-коли за дуже короткий час. Архетипи можуть також включати інформацію про нещодавно розроблені інноваційні процеси, які оцінювались на предмет їх ефективності з метою виявлення ризиків впровадження мінімізовано у випадку, якщо застосування цього процесу є на стадії розгляду.

Промисловці засновуватимуть свій майбутній вибір на контролерах на таких факторах, як прихильність до відкритої галузі стандартів, багатофункціональна дисципліна, технічна доцільність, економічна ефективність, простота інтеграції та ремонтпридатність. Що ще більш важливо, вбудовані системи та малогабаритні промислові операційні системи будуть поступово змінювати, переважаючи архітектура шляхом об'єднання надійного обладнання з відкритим контролем. Інтеграція систем управління з CAD і CAM, а також системами планування як управління в режимі реального часу, засноване на розподіленій мережі між датчиками та пристроями управління [17] в даний час складають ключові теми досліджень. Наприклад, ElMaraghy та ін. [18] розробив методологію компенсації помилок обробки, спрямованих на максимізацію відповідності вимогам допуску до того, як будуть зроблені остаточні операції оброблення. Нові розробки у використанні бездротових технологій на рівні

складу, такі як радіочастотна ідентифікація (radiofrequency identification «RFID»), як частина автоматизованих систем ідентифікації, передбачають отримання ідентифікації об'єкта та елементи моніторингу, що рухаються через виробничий ланцюжок поставок, що забезпечує точність та своєчасну ідентифікацію інформації [19]. Більше нещодавно встановлення бездротових технологій на приміщення складів, таке як RFID, глобальна система для мобільних пристроїв зв'язку (global system for mobile communications «GSM»), а 802.11 були новими в області ІТ продуктів на рівні промислового цеху [20]. Однак інтеграція бездротових ІТ-технологій на рівні автомобільного цеху часто перешкоджають через важкі технічні вимоги, а саме імунітет до втручань, безпека та високий рівень ступінь доступності. З іншого боку, в автомобільній збірці, ІТ застосовується до ряду процесів, таких як контроль виробничих замовлень, моніторинг виробництва, планування послідовності, ідентифікація транспортного засобу, якість управління, управління технічним обладнанням та контроль сировини [21].

1.2. Симуляція

Комп'ютерне моделювання стало одним з найбільш широко застосовуваних методів у виробничих системах конструювання, що дозволяє особам, які приймають рішення та інженерам дослідити складність їх систем, та таким чином прослідкувати, що зміни в конфігурації системи або в операційній частині можуть вплинути на продуктивність системи чи організації [22].

Імітаційні моделі класифікуються на статичні, динамічні, безперервні, дискретні, детерміновані та стохастичні. З кінця 1980-х років програмне забезпечення для моделювання пакетів надають можливості візуалізації, включаючи анімацію та графічні функції взаємодії з користувачами. Комп'ютерне моделювання пропонує чудові переваги вивчення та статистичного аналізу, так щоб – якщо сценарії, тим самим скорочуючи

загальний час і витрати, необхідні для прийняття рішень на основі поведінки системи. Системи моделювання часто інтегруються з іншими ІТ-системами, такими як САХ, FEA, системи планування виробництва та оптимізації. У той час як фабричне програмне забезпечення цифрового макету (digital mock-up «DMU») дозволяє інженерам-виробникам візуалізувати виробничий процес за допомогою комп'ютера, що дозволяє огляд заводських операцій для конкретного виробничого процесу, моделювання дискретних подій (discrete event simulation «DES») допомагає інженерам пильно зосередитися на кожній окремій операції. DES може допомогти у прийнятті рішень у ранні фази (концептуальне проектування та попереднє вивчення) на оцінку та вдосконалення декількох аспектів процесу складання, такий як розташування та розмір буферних запасів, оцінка зміни обсягу продукції або суміші та аналіз пропускну здатності [23].

Розширення технології моделювання (технологія віртуальної реальності (virtual reality «VR»)) дозволила інженерам зробити це, поринути у віртуальні моделі та взаємодіяти з ними. Діяльність, що підтримується VR, стосується компонування заводу, планування, навчання експлуатації, випробування та контроль та перевірка процесу [24, 25]. Інші програми включають перевірку людських факторів в складальних процесах з використанням настільного тривимірного моделювання техніки, замінюючи людського оператора на антропометричне суглобове зображення з людиною, яку називають «манекеном» [26].

1.3 Планування ресурсів підприємства та оптимізація

Планування ресурсів підприємства (Enterprise resource planning «ERP») інтегрувати всі дані та процеси організації в єдину систему. Використовуватиметься типова система ERP кілька компонентів

комп'ютерного програмного та апаратного забезпечення для досягнення інтеграції. Ключовий інгредієнт більшості систем ERP полягає у використанні єдиної бази даних для зберігання даних для різних системних модулів. ERP мають бути пов'язані з досить широким спектром визначень та застосувань протягом останніх десятиліть [27]. Планування виробничих ресурсів (manufacturing resources planning «MRP II») системи, крім включення фінансової були системи обліку та управління додатково розширений, щоб включити всі планування ресурсів та бізнес-процеси всього підприємства, включаючи такі сфери, як людські ресурси, проект управління, конструювання продукту, матеріали та планування потужності [4]. Усунення неправильної інформації та даних надмірність, стандартизація ділової одиниці інтерфейси, протистояння глобальному доступу та проблеми безпеки [4] та точне моделювання бізнес-процесів стали частиною списку цілі, які повинна виконувати система ERP. Великі витрати на впровадження, високі ризики відмов, величезні вимоги до корпоративного часу та ресурсів [4], і складні та часто болючі корективи бізнес-процесів є основними проблемами, що стосуються ERP впровадження. Враховуючи сучасну тенденцію в виробничому світі для максимізації їх комунікації та співпраці, функціональність системи ERP також була розширена ланцюгом поставок управлінські рішення [28]. ERP-системи часто включають оптимізацію можливості для економії часу та часу практично від кожного виробничого процесу. Орієнтовні приклади залучати кейси з простих задач оптимізації, планування підлоги цеху та планування виробництва сучасні складні проблеми прийняття рішень [29, 30]. Моносторі та ін. [31] запропонували систему планування, здатну керувати виробництвом у реальному часі. Це система отримує зворотній зв'язок із щоденним виробництвом шляхом інтеграції інформації, що надходить з підсистеми моніторингу процесу, якості та виробництва. Система здатна контролювати відхилення та проблеми виробничої системи та запропонує можливі альтернативи їх поводження. Нове покоління

заводських алгоритмів управління має нещодавно з'явився в літературі, відомий як „агент на основі ". У роботі Сауерс [32] технологія програмного агента обговорюється і пропонується як проміжне програмне забезпечення між різними компонентами програмного забезпечення на поверсі. Агенти є перспективною технологією для промислового застосування, оскільки вони базуються за розподіленою архітектурою; однак видає такі оскільки синхронізація, взаємодія агентів та узгодженість даних між агентами створюють труднощі для їхніх практичне застосування [23].

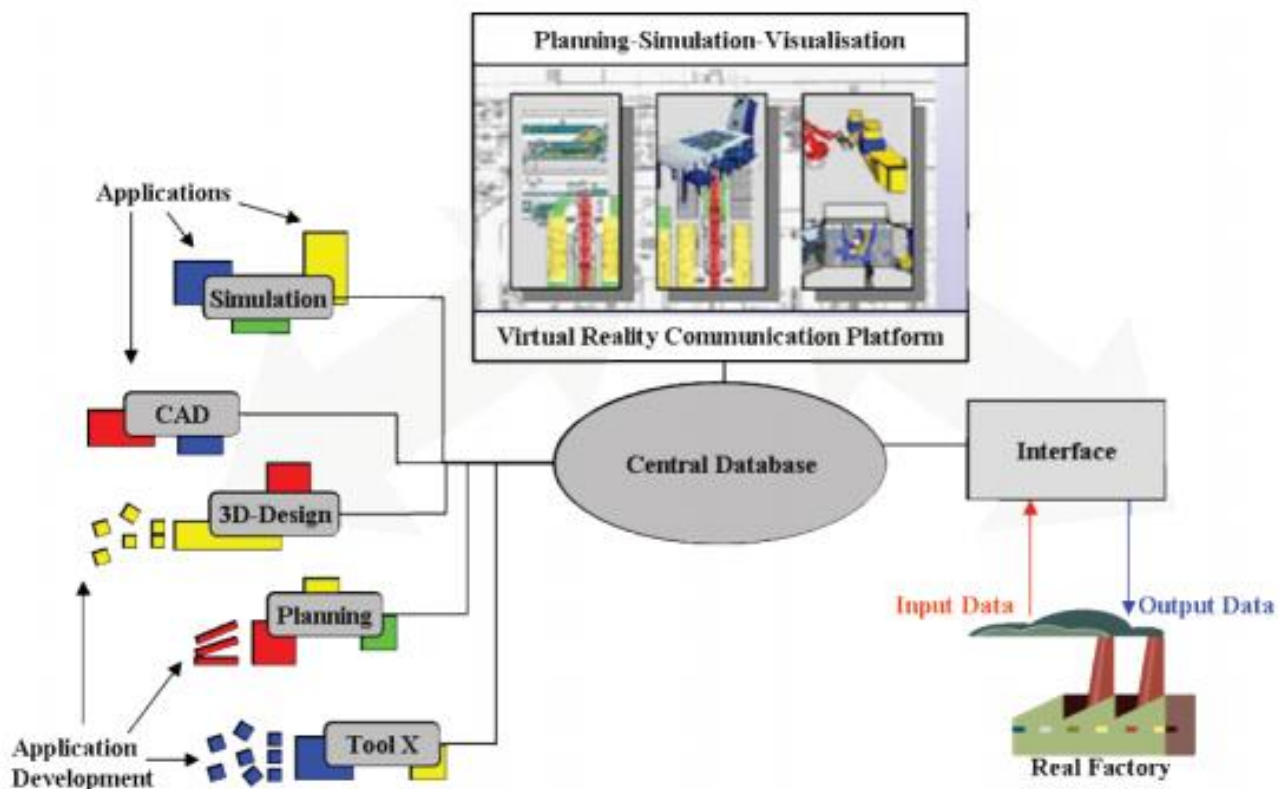


Fig. 1 Цифровий завод [34]

Останні події в цифровому виробництві можна розділити на дві великі групи. Розвиток першої групи пройшов знизу вгору підхід до розгляду цифрового виробництва, і розширюючи свої концепції в більш широкі рамки, напр. цифровий завод або підприємство. Розробки другої групи використовували підхід зверху вниз, розглядаючи технології на підтримку окремих аспектів цифрового виробництва, напр. електронна співпраця та

моделювання. Відповідно до Verein Deutscher Ingenieure, цифрова фабрика включає моделі, методи та інструменти для стійкої підтримки фабричного планування та заводські операції. Він включає процеси на основі пов'язані цифрові моделі, пов'язані з продуктом модель [33]. На теоретичному рівні кілька дослідників внесли свій внесок у визначення цифрового фабричного бачення та запропонували, яким воно може бути реалізована в реальності (рис. 1) [34]. Дані та моделі інтеграція була основною дослідницькою діяльністю для підтримки впровадження. Введення послідовних структури даних для поліпшення інтеграції цифровий дизайн продукту та планування збірки та отже, підтримка безперервного обміну даними досліджено в літературі [35]. Подібні діяльність зосереджена на визначенні семантичного співвідношення між розподіленими моделями як пов'язані бази даних та введення відповідні конвенції моделювання [33]. На вершині з цих розробок - ряд методологій для комп'ютерної підтримки кооперативного розвитку машинобудування в рамках цифрової фабрики, були опубліковані. Деякі дослідники надалі пропонували програмні архітектури для управління відносинами та безпечного обміну даними [36]. Нова концепція цифрових технологій для підприємств (digital enterprise technology «DET») також нещодавно був представлений як збір систем та методів для цифрових моделювань глобального процесу розробки та реалізації продукції в контексті життєвого циклу управління [37]. Як такий, він втілює технологічні засоби застосування цифрового виробництва розподіленому виробничому підприємству. DET реалізований шляхом синтезу технологій і системи п'яти основних технічних областей, DET «cornerstones», що відповідають дизайну продукт, процес, фабрика, технології забезпечення відповідність цифрового середовища реальний, і дизайн підприємства. На основі DET, нова методологію було запропоновано зосередити увагу на розробці роману методи та інструменти для сукупного моделювання, управління знаннями та тестування з планування валідації «подолати» розрив, що існує між концептуальним

дизайн продукту та організація відповідних виробничих та господарських операцій (Рис. 2) [38].

З технологічної точки зору з'явилися нові рамки для розподіленого цифрового виробництва з'явився на місці події. Зосереджені останні події про нове покоління децентралізованого контролю заводами алгоритми, відомі як "agent based ". Агент програмного забезпечення, по-перше, є самонаправленим об'єктом, по-друге, має набір своїх власних системних цінностей і засіб спілкування з іншими такими об'єктами, і, по-третє, постійно діє на них за власною ініціативою [39]. Система таких агентів, т.зв. багатоагентна система, складається з групи однакових або взаємодоповнюючі агенти, які діють разом. Агентські системи, що охоплюють можливості децентралізованого прийняття рішень у режимі реального часу та децентралізації були зареєстровані [40].

У такій системі кожен агент, як приклад програмного забезпечення, відповідає за моніторинг певного набору ресурсів, а саме верстатів, буфери або робочу силу, що належать до виробничої системи, і для створення місцевих альтернатив при настанні події, наприклад поломка машини. Мультиагентна веб-система також були запропоновані рамки для полегшення спільної розробки та виробництва продукції серед географічно розподілених функціональних агентів з використанням оцифрованої інформації (рис. 3) [41]. Запропонована система охоплює проектування продукту, оцінку технологічності, планування процесів, планування та моніторинг виробництва в режимі реального часу.



Рис 2. DET cornestones [38]

Досягнення технологій моделювання DMU протягом 1990-х років були ключовим фактором для появи VR і моделювання людини в цифровому виробництві. Ці досягнення призвели до нових систем, що інтегрують продукт, процес, ресурс, знання та імітаційні моделі в DMU довкілля [42]. Нещодавно технологія VR набула великого інтересу і була застосована до кількох галузей, пов'язаних з дослідженням та розробки цифрового виробництва. Віртуальне виробництво - одне з перших напрямків зацікавив дослідників. Ряд на основі VR середовища були продемонстровані, забезпечуючи робочий стіл та / або іммерсивна функціональність для процесу аналіз та навчання таким процесам, як механічна обробка, складання та зварювання [25, 43]. Віртуальна збірка імітаційні системи, орієнтовані на цифрове суднобудування та морської промисловості, що включає вдосконалені функціональні можливості моделювання (працездатність крана, імітація зведення блоку у віртуальній док-станції тощо). представлений Кім та співавторами. [44]. Моделювання руху

людини для інтеграції людських аспектів у моделювання навколишнього середовища - ще одна ключова сфера інтересів (Рис. 4). Кілька методологій для моделювання руху цифрових манекенів, на основі реальних були представлені людські дані. Крім того, аналізуючи рух щодо кількох ергономічних повідомлялося про такі аспекти, як дискомфорт [28, 30, 45]. Спільний дизайн у цифрових середовищах ще одна нова область досліджень та розробок. Розробка спільних віртуальних середовищ дозволила розпорошеним акторам ділитися та візуалізувати дані, реалістично взаємодіяти, а також приймати рішення в контексті проектування продукту та процесу діяльності через Інтернет [46]. Дослідницька діяльність має також запуснений для визначення та реалізації спільних виробничих середовищ на основі VR та доповненої реальності, які є застосовні до орієнтованих на людину виробничих систем [47, 48].

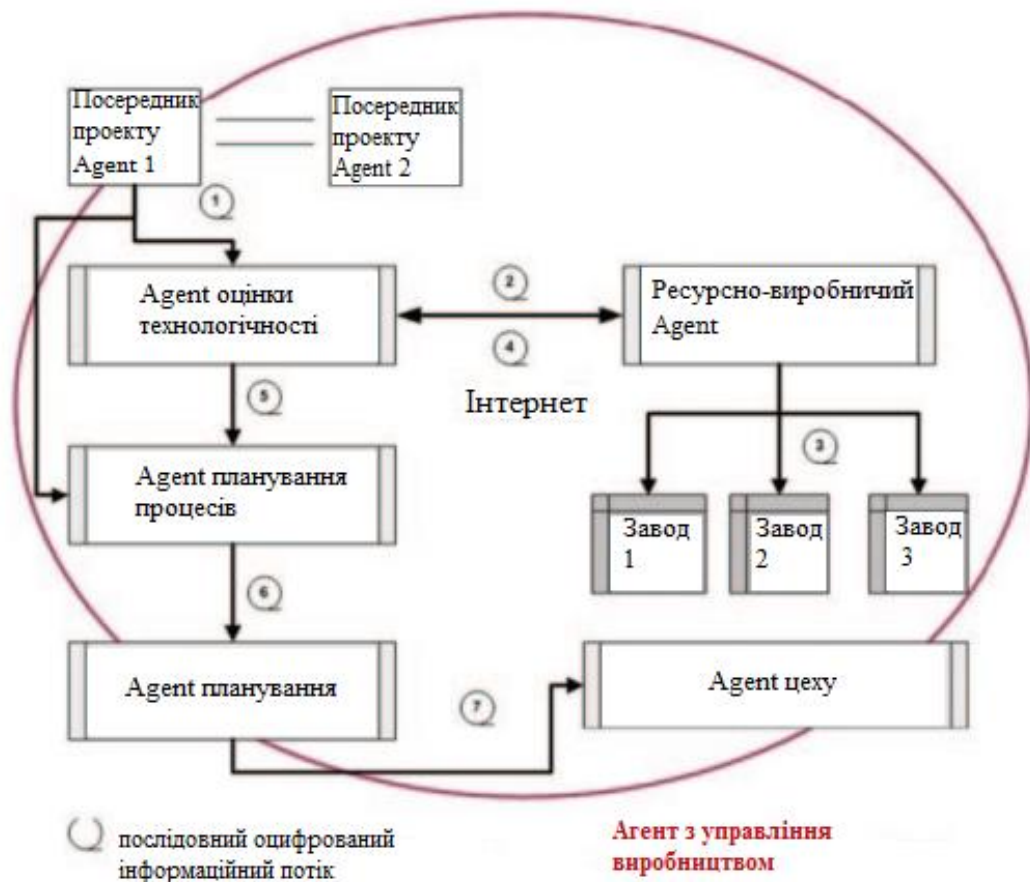


Рис 3. Мережевий зв'язок мультиагентних систем [41]



Рис 4. Моделювання людини в цифрових виробничих середовищах [29]

1.4 Виробнича практика

У промисловій практиці цифрове виробництво націлене на: послідовне та всебічне використання цифрових методів планування та перевірки, від розробки продукції до виробництва та планування об'єктів. Доступні інформаційні технології (Accessible Information Technology «AIT»)

Ініціатива та проекти її нащадків, започатковані в 90-ті роки автомобільною та аерокосмічною промисловістю в Європі стали новаторами у керуванні цифровими технологіями аванс виробництва, спрямований на збільшення конкурентоспроможності промисловості за рахунок використання передові інформаційні технології в галузі конструювання та виробництво [49]. На цій основі автомобільна промисловість досі рухає низку відповідних розробок у цифровому виробництві. У BMW три запускених заводи у Лейпцигу були найкращими з запуску BMW за весь час, коли вони досягли на 50 відсотків

менше несправностей на транспортний засіб і зафіксували набагато кращі показники можливостей процесу, ніж у минулому через використання моделювання виробництва процеси на дуже ранній стадії проектування [50].

Подібним чином, General Motors використовувала тривимірну імітацію робочих комірок (iGRIP) цифровим корпоративним ощадливим виробничим інтерактивним додатком (digital enterprise lean manufacturing interactive application «DELMIA»), що дозволяє інженерам створювати тривимірні моделювання та перекладати моделі, створені в інших комерційних цінах упаковки. Протягом 2002 року Opel використовував DELMIA для моделювання виробничого процесу своєї Vectra модель, що дозволяє дуже швидко запустити виробництво [51]. Нарешті, автоматизовані засоби моделювання обробки тривимірних інтерактивних додатків (computer-aided three-dimensional interactive application «CATIA») дали експертів з виробництва у Daimler а можливість випробувати практично "хореографію" для виготовлення деталей, гарантуючи, що готовий виріб буде відповідати точним проектним очікуванням.

У Volvo компанія DES використовувалась як інструмент для безперервної перевірки процесів при розробці промислових систем [52]. BMW і Daimler Chrysler також є серед користувачів подібних додатків [53]. General Motors використовував DES у кількох тематичних дослідженнях, а також використання їх продемонструвало можливість використання моделювання для оптимізації ресурсів та виявлення обмежень [54]. Форд також використовує комп'ютерне моделювання в тієї чи іншої форми для проектування та експлуатації його виробничі потужності двигунів з середини 1980-х. Тематичні дослідження з передової технології виробництва для силового агрегату в DaimlerChrysler, визначили віртуальне моделювання як нова технологія для планувальники автомобільних процесів [55]. Метод перевірки цифрового планування (digital planning validation «DPV»)

нещодавно набув певного інтересу (рис. 5) [56]. На основі на процес перевірки, що працює паралельно процесу цифрове планування, метод DPV, розроблений Daimler Chrysler складається з обох безперервних перевірок результатів цифрового планування, а також огляд процесів у певні моменти часу, так званий технологічні дні. Протягом робочих днів поточний стани планування перевіряються за допомогою геометричних перевірки збірок, моделювання процесів, або детальні експертизи макетів. Метод DPV базується на методах DMU та моделюванні. В аналогію продукту, DMU для розробки продукту, можна розглядати як своєрідний процес DMU планування виробництва в цифровій фабриці. Так званий віртуальний тиждень процесу - ще один важливий метод, що застосовується до робочих практик BMW [57]. Цей метод стосується оцінки планування зборів групою відповідальних осіб для процесу. Виходячи зі структури товару, створюються сцени візуалізації. За допомогою групи функцій візуалізації показані частини системи згодом, згідно з планом збірки, учасники використовують вісім критеріїв для оцінки операції.

Усі результати задокументовані в онлайн-базі даних. В кінці, показують статистичні оцінки бази даних де операції повинні бути детальніше уточнені, або де була змінена геометрія деталі через вузькі місця під час роботи в онлайн операції.

Нові методи та технології для віртуальної збірки на цифровій фабриці досліджено у Volvo, DaimlerChrysler, Fiat і Ford в контексті інтегрованого проекту ЄС «MyCar», керованого Volvo та Лабораторією виробничих систем та автоматики, Університет Патри [58]. OEM-виробники шукають нові підходи до досягнення вдосконалення у передачі даних та забезпеченню основоположної архітектури ІТ САх, що забезпечує різноманітність інструментів для безперебійної взаємодії та процеси ефективно керувати ними. Цифрова перевірка виробництва продукту у чистовому та на стадії збірки, а також моделювання для віртуального нарощування виробничих комірок та ліній, включаючи віртуальне введення в експлуатацію,

розслідуються. Людське моделювання ручного, автоматизованого та змішані процеси для вдосконалення розгляду людський факторів - ще одна тема основних досліджень.

Прискорення виробничого процесу складається з двох аспектів: перший - це прискорення розробки продукту для зменшення часу на розробку та інший - виробничий для зменшення часу виробництва та виконання [59]. Паралельно якість і собівартість виготовлення кінцевих продуктів визначається знову в двох фазах проектування та виробництва. Це демонструє що існує суттєва потреба у спорудженні мосту між розвитком виробництва і реальним виробництвом; цифрове виробництво має на меті відіграти цю роль. Роками тому як FEA, так і автоматизована обробка були справжніми "чорними мистецтвами" виробництва. Ці продукти, що перетворилися на висококласні академічні програмні продукти часто для яких потрібні висококваліфікований, високонауковий розум і глибокий і здоровий банківський рахунок. У 1990-ті роки обидва FEA і автоматизована механічна обробка раптом стала доступна та корисна навіть на просторах цеху.

FEA інтегрована з основними конструкторськими продуктами означало, що більшість випробувань та аналізів можна проводити швидко та з надійними результатами. Тепер інженер може дізнатися набагато раніше в процесі, якщо дизайн має будь-які недоліки, а потім може їх викоринити швидко. Останні вдосконалення технологій такі зробити цифрове виробництво реальним для багатьох, і багато компаній використовують цифрове виробництво, не усвідомлюючи цього [60]. Тим не менше, цифрове виробництво повинно бути надалі експлуатується з метою подолання розриву між визначення продукту (конфігурація компонентів і необхідними виробничими процесами) та фактична виробнича діяльність у межах підприємства [61]. Моделювання та VR тепер можуть бути використаними для того, щоб значно скоротити витрати та час на ринок. Виробництво становить лише 30 відсотків вартість розробки

продукту, але решта 70 відсотків замикається на етапі проектування розробки нового продукту [62]. На основі відповідей промисловості, Dalton-Taggart [60] визначив цифрове виробництво як „здатність описати кожен аспект проектування до виготовлення обробляти цифровим способом - за допомогою інструментів, що включають цифровий дизайн, CAD, офісні документи, системи PLM, програмне забезпечення для аналізу, моделювання, програмне забезпечення САМ тощо ”. Концепція полягає в тому, що перехід даних з одного відділу або дисципліни для іншого має бути безперервним, щоб створені дані могли бути негайно використані повторно в іншій дисципліні. Тоді можна отримати кілька переваг бути похідним. Використовуючи цифрове виробництво, виробничі підприємства розраховують досягти наступні [61]:

- (а) скорочена розробка продукту;
- (б) раннє підтвердження виробничих процесів;
- (в) швидше нарощування виробництва;
- (г) швидший час виходу на ринок;
- (д) зниження виробничих витрат;
- (е) поліпшення якості продукції;
- (є) посилене поширення знань про товар;
- (ж) зменшення помилок;
- (з) збільшення гнучкості.

Галузі, які отримують найбільшу користь від використання цієї методології є такими, що вимагають капіталомісткості та з дуже складними продуктами але дуже низьке виробництво, навіть одиничне виробництво. Для капіталомістких виробників віддача інвестицій розраховується на основі зменшення часу

виходу на ринок на 30–50 відсотків, завдяки ефективному паралельному проектуванню, зменшення вартості продукту на 10–25 відсотків через кратні ітерації проектування для виготовлення та проектування для складання та зменшення дорогих інженерних змін при проектуванні та виробництві оснащення, під час запуску на 80–90 відсотків [63]. Організаційні питання, включаючи технічні групи та ефективність управління змінами товару становить важливу проблему [64]. Підприємства, які вже використовують ці переваги демонструючи великий потенціал для майбутнього зростання. DaimlerChrysler, General Motors, Boeing та Lockheed Martin публічно заявили, що цифрові технології заощадили їм мільйони доларів лише за рік. Подібна економія була здійснена в напівпровідниковій промисловості [63]. Подальші дослідження потрібні, щоб мати можливість імітувати повністю складати процес, щоб уникнути дорогих установок та тривалих періодів запуску. Це відбувається тому що, цифрове моделювання та планування процесів складання базуються на різних технологіях, що сприяють такі як захоплюючий VR, спільний віртуальний дизайн та цифрове моделювання людини для ручного складання система та ергономічні оцінки [23]. У цифровому виробництві неоднозначність мовчазного знання у виробництві слід виключити ретельно, а мовчазні знання слід перетворити на матеріальні знання, а саме числові значення та / або рівняння і, нарешті, в цифрові значення [59]. Очікується, що це дозволить мінімізувати виробництво різноманітність продуктивності, що часто спостерігається між глобально розподіленими виробничими ділянками розширеного підприємства. Так як до 60 відсотків вартості автомобілів та винищувачі літаків постачаються у постачальників, цифрове виробниче середовище повинно бути доступним для підтримки сучасного бізнесу.

Розділ 2 "Організація технологічної підготовки виробництва"

Розрахунок технологічної собівартості продукції і вибору найбільш оптимального варіанту технологічного процесу

Для повного розуміння процесу моделювання технологічного процесу розглянемо розрахунок технологічної собівартості продукції і вибір найбільш оптимального варіанту технологічного процесу.

2.1 Об'єкт дослідження

Приклад розрахунку і вибору ресурсозберігаючого технологічного процесу.

Як приклад здійснимо вибір ресурсозберігаючого технологічного процесу, що складається з п'яти операцій (див. табл. 2.1), кожену з яких можна виконати двома способами. Для цього розрахуємо обсяг виробництва за кожною операцією, при якому порівнювані варіанти економічно рівноцінні, побудуємо графіки зміни технологічної собівартості з мінімальними витратами використовуваних ресурсів. Для цього як приклад використаємо деталь «Казенник» та проведемо типовий технологічний процес виготовлення багатоступінчатого отвору з варіантами обробки.

2.2. Моделювання експериментального зразка. З розрахунком.

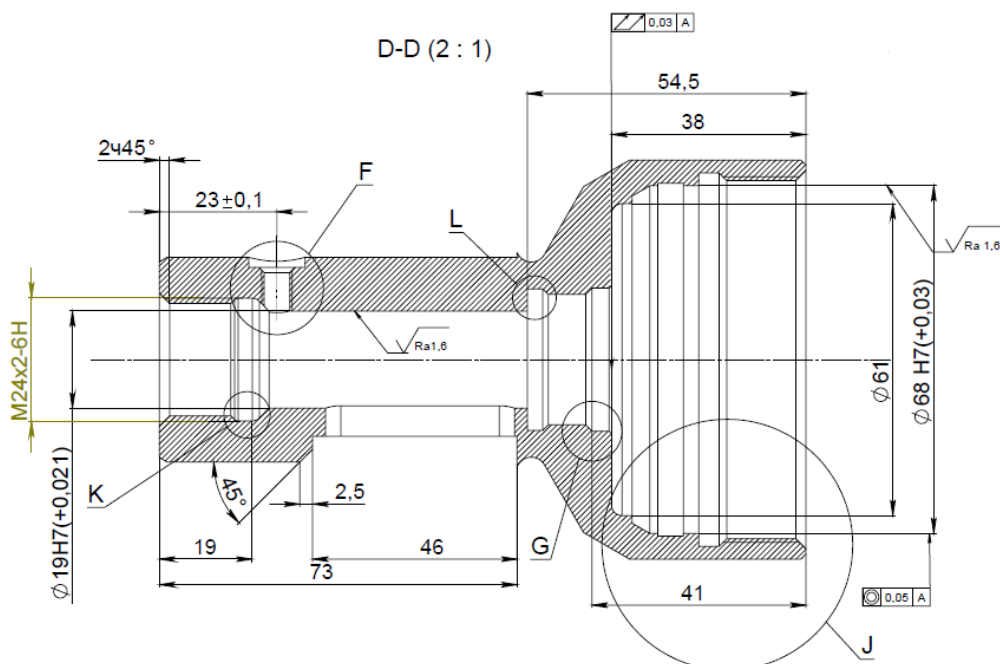


Рис 2.1

Багатоступінчатий отвір в деталі «Казенник»

Будемо вважати, що зовнішня поверхня вже оброблена та її можна використовувати як поверхню для базування і закріплення. Для точного просторового розташування деталі.

Пріоритет в мат. моделі становить

Таблиця 2.1.

Технологічний процес виготовлення багатоступінчатого отвору в деталі «Казенник»

Варіанти технології	P_p , Грн./шт.	P_v , Грн./год.
1. Свердління		

Свердління чорнове (за один прохід)	0,20	13
Свердління чорнове (поступове)	0,17	15
2. Розточування		
Розточування попереднє різцем	0,20	14
Розточування фрезою	0,17	18
3. Розвертання		
Розвертання розверткою	0,40	20
Протягування протяжкою	0,35	25
4. Утворення канавок		
Розточування завершальне	0,55	7
Розточування фрезою завершальне	0,35	11
5. Нарізання нарізі		
Нарізання нарізі мечиком	0,40	20
Нарізання нарізі фрезою	0,35	25

Задана програма N= 800 шт.

Розрахунок критичного об'єму випуску продукції по першій операції «Свердління»

$$N_{kp1} = \frac{P_{v2} - P_{v1}}{P_{p1} - P_{p2}} = \frac{15000 - 13000}{200 - 170} = 1000 \text{ шт}$$

Розрахунок технологічної собівартості продукції по даним операціям при отриманому об'ємі $N_{kp1} = 1000$ шт.

$$C_{m1} = 200 \cdot 1000 + 13000 = 30000.00 \text{ грн}$$

$$C_{m2} = 170 \cdot 1000 + 15000 = 30000.00 \text{ грн}$$

Побудова графіка зміни технологічної собівартості продукції і визначення зон з найменшими витратами. Графік будуємо на основі отриманих розрахункових даних. Поставивши собі за значенням $N < N_{кр}$ і $N > N_{кр}$, будуємо графік в осях координат, однією з яких є (ордината) значення технологічної собівартості C_t , а інший (абсциса) - значення річного об'єма виробництва N , (рис. 2.2). При річному обсязі виробництва $N = 800$ шт. вибираємо зону 1 і як наслідок перший варіант технологічного процесу, так як $C_{t1} < C_{t2}$.

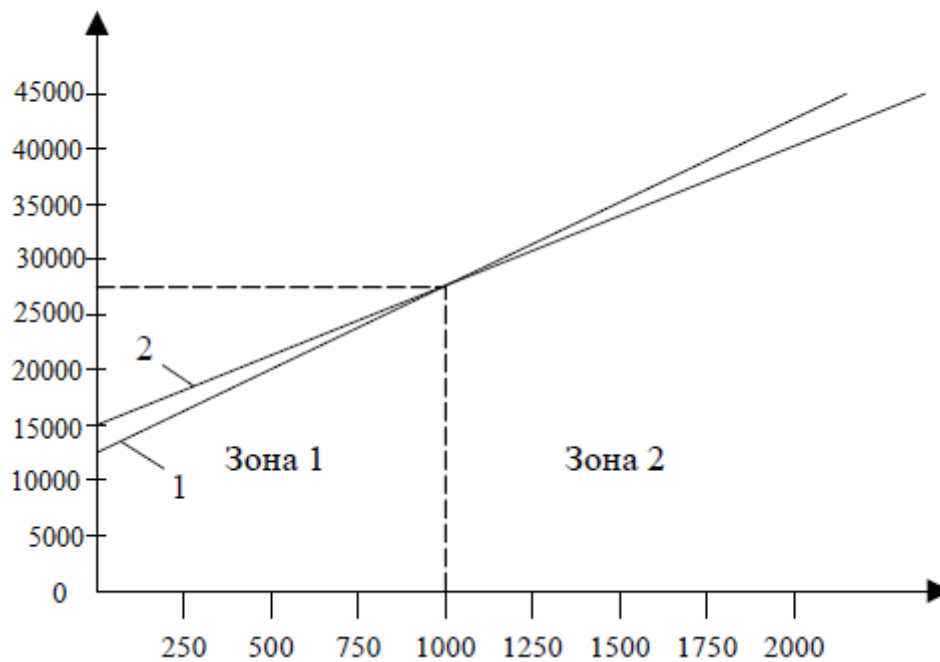


Рис. 2.2. Графік зміни технологічної собівартості по першій операції технологічного процесу: 1 - Свердління чорнове (за один прохід);
2 - Свердління чорнове (послідовне).

Розрахунок критичного об'єму випуску продукції по першій операції «Розточування»

$$N_{kp2} = \frac{P_{v2} - P_{v1}}{P_{p1} - P_{p2}} = \frac{18000 - 14000}{200 - 170} = 1300 \text{ шт.}$$

Розрахунок технологічної собівартості продукції по даним операціям при отриманому об'ємі $N_{kp2} = 1300$ шт.

$$C_{m3} = 200 \cdot 1300 + 14000 = 34000.00 \text{ грн}$$

$$C_{m4} = 170 \cdot 1300 + 18000 = 34000.00 \text{ грн}$$

Побудова графіка зміни технологічної собівартості продукції і визначення зон з найменшими витратами. Графік будуємо на основі отриманих

розрахункових даних. Поставивши собі за значенням $N < N_{кр}$ і $N > N_{кр}$, будемо графік в осях координат, однією з яких є (ордината) значення технологічної собівартості C_t , а інший (абсциса) - значення річного об'єма виробництва N , (рис. 2.3). При річному обсязі виробництва $N = 800$ шт. вибираємо зону 1 і як наслідок перший варіант технологічного процесу, так як $C_{t1} < C_{t2}$.

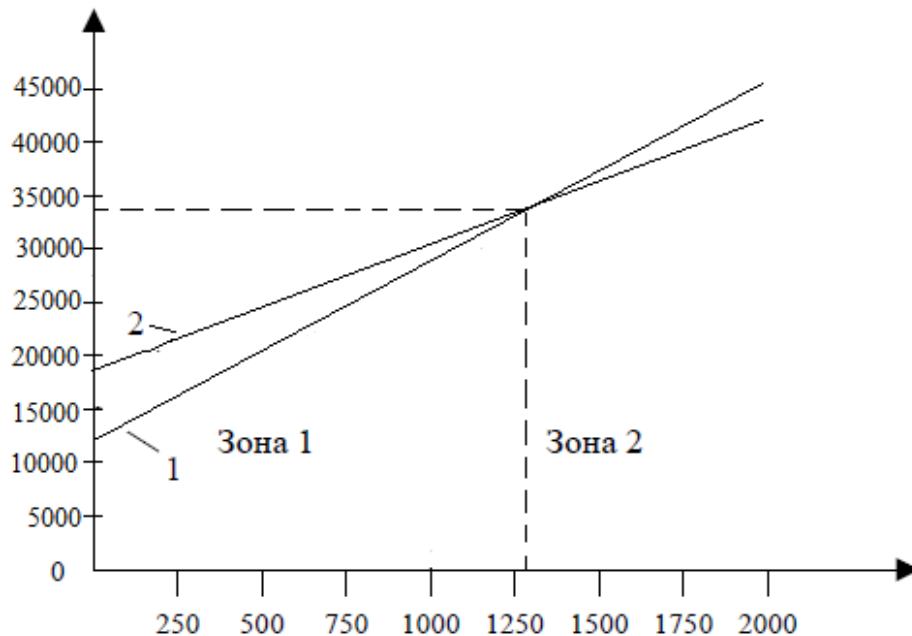


Рис. 2.3. Графік зміни технологічної собівартості по другій операції технологічного процесу: 1-Розточування попереднє різцем
2-Розточування фрезою

Розрахунок критичного об'єму випуску продукції по першій операції «Розвертання»

$$N_{кр3} = \frac{P_{v2} - P_{v1}}{P_{p1} - P_{p2}} = \frac{25000 - 20000}{400 - 350} = 750 \text{ шт.}$$

Розрахунок технологічної собівартості продукції по даним операціям при отриманому об'ємі $N_{кр3} = 750$ шт.

$$C_{m5} = 350 \cdot 750 + 20000 = 30000.00 \text{ грн}$$

$$C_{m6} = 400 \cdot 750 + 25000 = 30000.00 \text{ грн}$$

Побудова графіка зміни технологічної собівартості продукції і визначення зон з найменшими витратами. Графік будуємо на основі отриманих розрахункових даних. Поставивши собі за значенням $N < N_{кр}$ і $N > N_{кр}$, будуємо графік в осях координат, однією з яких є (ордината) значення технологічної собівартості C_t , а інший (абсциса) - значення річного об'єма виробництва N , (рис. 2.4). При річному обсязі виробництва $N = 800$ шт. вибираємо зону 1 і як наслідок перший варіант технологічного процесу, так як $C_{t1} > C_{t2}$.

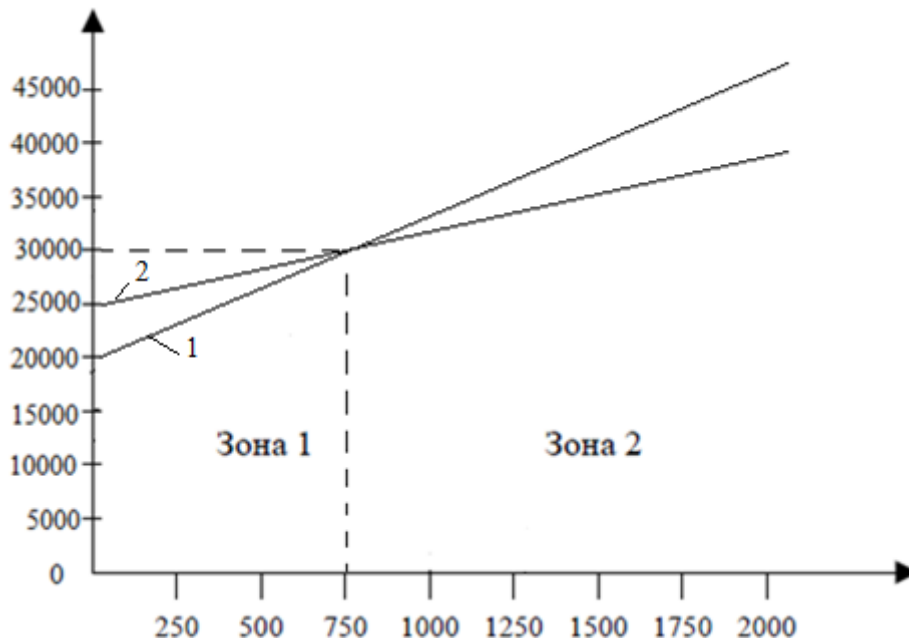


Рис. 2.4. Графік зміни технологічної собівартості по третій операції технологічного процесу: 1- Розвертання розверткою
2 –Протягування протяжкою

Розрахунок критичного об'єму випуску продукції по першій операції «Утворення канавок»

$$N_{kp4} = \frac{P_{v2} - P_{v1}}{P_{p1} - P_{p2}} = \frac{11000 - 7000}{550 - 350} = 1100 \text{ шт.}$$

Розрахунок технологічної собівартості продукції по даним операціям при отриманому об'ємі $N_{kp4} = 1100$ шт.

$$C_{m7} = 550 \cdot 1100 + 7000 = 22000.00 \text{ грн}$$

$$C_{m8} = 350 \cdot 1100 + 11000 = 22000.00 \text{ грн}$$

Побудова графіка зміни технологічної собівартості продукції і визначення зон з найменшими витратами. Графік будуємо на основі отриманих розрахункових даних. Поставивши собі за значенням $N < N_{кр}$ і $N > N_{кр}$, будуємо графік в осях координат, однією з яких є (ордината) значення технологічної собівартості C_t , а інший (абсциса) - значення річного об'єма виробництва N , (рис. 2.5). При річному обсязі виробництва $N = 800$ шт. вибираємо зону 1 і як наслідок перший варіант технологічного процесу, так як $C_{t1} < C_{t2}$.

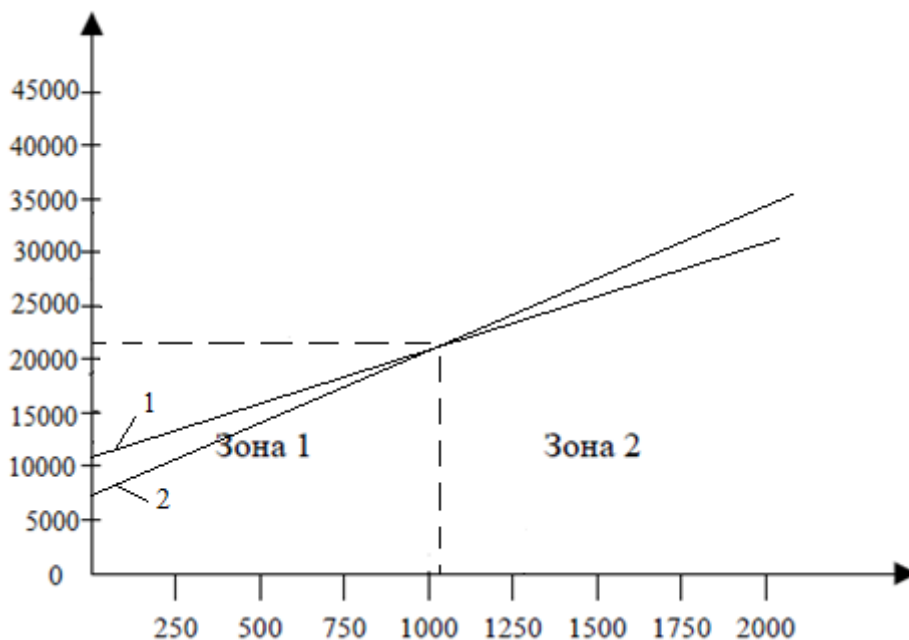


Рис. 2.5. Графік зміни технологічної собівартості по четвертій операції технологічного процесу: 1-Розточування завершальне
2-Розточування фрезною завершальне

Розрахунок критичного об'єму випуску продукції по першій операції

«Нарізання нарізі»

$$N_{kp5} = \frac{P_{v2} - P_{v1}}{P_{p1} - P_{p2}} = \frac{25000 - 20000}{400 - 350} = 1100 \text{ шт.}$$

Розрахунок технологічної собівартості продукції по даним операціям при отриманому об'ємі $N_{kp5} = 1100$ шт.

$$C_{m9} = 400 \cdot 1100 + 20000 = 30000.00 \text{ грн}$$

$$C_{m10} = 350 \cdot 1100 + 25000 = 30000.00 \text{ грн}$$

Побудова графіка зміни технологічної собівартості продукції і визначення зон з найменшими витратами. Графік будуємо на основі отриманих розрахункових даних. Поставивши собі за значенням $N < N_{кр}$ і $N > N_{кр}$, будуємо графік в осях координат, однією з яких є (ордината) значення технологічної собівартості C_t , а інший (абсциса) - значення річного об'єма виробництва N , (рис. 2.6). При річному обсязі виробництва $N = 800$ шт. вибираємо зону 1 і як наслідок перший варіант технологічного процесу, так як $C_{t1} > C_{t2}$.

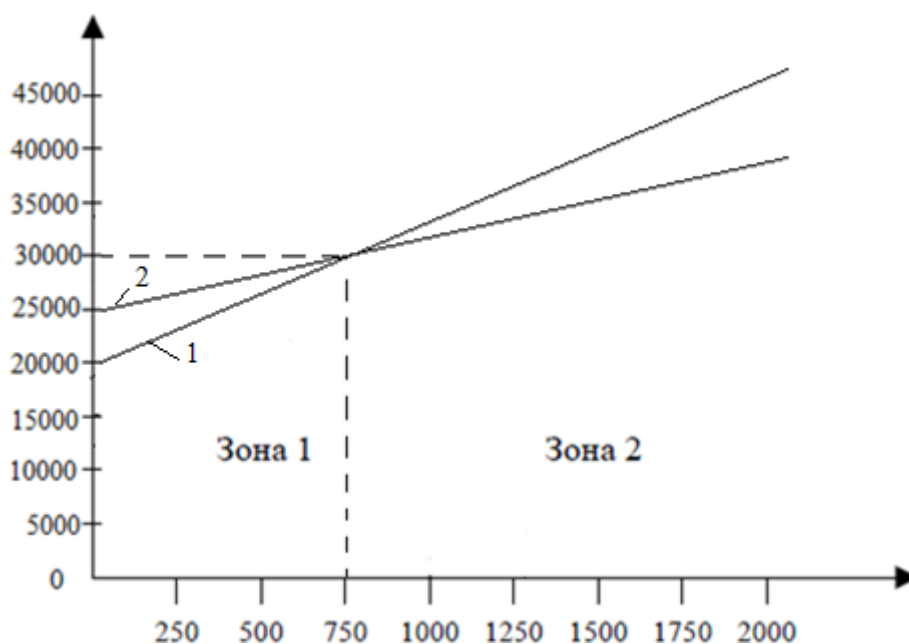


Рис. 2.6. Графік зміни технологічної собівартості по четвертій операції технологічного процесу: 1-Нарізання нарізі різцем
2-Нарізання нарізі фрезою

Виходячи із заданої програми $N = 800$ шт. і вибраних варіантів (для першої операції - I варіант, для другої операції - I варіант, для третьої операції – II варіант, для четвертої операції - I варіант, для п'ятої операції- II варіант), визначається технологічна собівартість продукції заданої програми:

$$C_m = (200 + 200 + 350 + 550 + 350) \cdot 800 + (13000 + 14000 + 25000 + 7000 + 25000) = 140400 \text{ грн}$$

Собівартість одиниці багатоступінчатого отвору в деталі «Казенник» становить

$$C_{m.од} = \frac{140400}{800} = 175,5 \text{ грн.}$$

2.3. Вирішення задачі вибору технологічного процесу з трьох запропонованих.

Для випадку, якщо технологічний процес необхідно вибрати з трьох варіантів і більше (див. табл. 2.2) будується граф вибору оптимального варіанта. Оптимальний варіант найбільш доцільний до принципів

машинобудування - це або найшвидший варіант (Рис 2.7.) виготовлення або більш дешевий варіант виготовлення. (Рис 2.8.)

Як приклад візьмемо технологічний процес виготовлення деталі «Казенник». Для спрощеного виду технологічного процесу, будемо рахувати виключно по(кількості виконаних операцій) життєвому циклу конкретного виду сплаву кожен деталь часу на певний вид інструменту використовувати властивості матеріалу інструмента враховуючи фактор ціни та швидкості виготовлення.

Таблиця 2.2

Технологічний процес виготовлення деталі «Казенник»

Варіанти технології	P_p , Грн./шт.	P_v , Грн./год.	C_m Грн.
1.Відрізна операція			
Стрічковою пилою	0,14	10	150
Електроерозійна обробка	0,11	10	120
Гідро абразивна обробка	0,23	70	300
2. Операція токарна чорнова			
Швидкоріжуча сталь	0,06	10	190
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,07	30	220
Твердосплавний карбідовий сплав	0,07	40	230
3 Термічна операція			
Нормалізація	0,06	10	120
4 Операція токарна			
Швидкоріжуча сталь	0,12	20	260
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,14	20	280
Твердосплавний карбідовий сплав	0,20	20	340
5 Багатоцільова			
Швидкоріжуча сталь	0,06	10	330
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,16	20	440
Твердосплавний карбідовий сплав	0,18	20	460
6 Багатоцільова чистова			
Твердосплавний карбідовий сплав	0,34	30	700
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,20	30	560

7 Операція токарна чистова			
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,02	10	530
Твердосплавний карбідовий сплав	0,07	20	650
8. Мийочна операція			
Промити на мийці	0,40	40	90
9. Пакувальна операція			
Пакувати на склад	0,005	5	80

Задана програма $N = 1000$ шт.

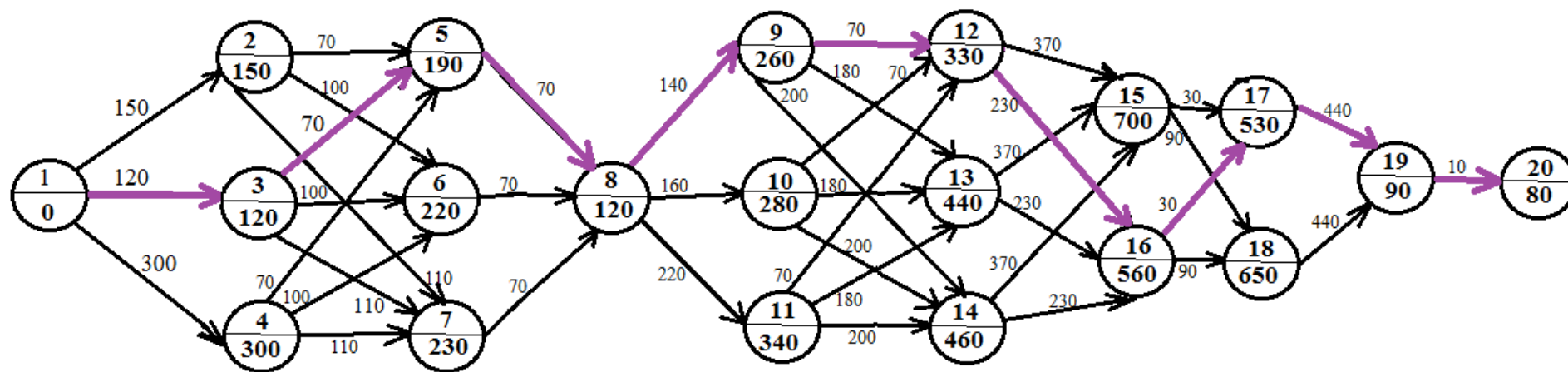


Рис. 2.7. Граф вибору найбільш економічного варіанту виготовлення деталі «Казенник»

2.4. Оцінка точності при виборі найбільш економічно доцільного методу виготовлення деталі

Для кожної дуги (операції) визначаємо технологічну собівартість

$C_{m(i-j)}$ за формулою (2.1). Нехай $N = 1000$ шт. тоді:

$$C_{m(1-2)} = 0,14 \cdot 1000 + 10 = 150 \text{ грн};$$

$$C_{m(1-3)} = 0,11 \cdot 1000 + 10 = 120 \text{ грн};$$

$$C_{m(1-4)} = 0,23 \cdot 1000 + 70 = 300 \text{ грн};$$

$$C_{m(2-5)} = C_{m(3-5)} = C_{m(4-5)} = 0,06 \cdot 1000 + 10 = 70 \text{ грн};$$

$$C_{m(2-6)} = C_{m(3-6)} = C_{m(4-6)} = 0,07 \cdot 1000 + 30 = 100 \text{ грн};$$

$$C_{m(2-7)} = C_{m(3-7)} = C_{m(4-7)} = 0,07 \cdot 1000 + 40 = 110 \text{ грн};$$

$$C_{m(5-8)} = C_{m(6-8)} = C_{m(7-8)} = 0,06 \cdot 1000 + 10 = 70 \text{ грн};$$

$$C_{m(8-9)} = 0,12 \cdot 1000 + 20 = 140 \text{ грн};$$

$$C_{m(8-10)} = 0,14 \cdot 1000 + 20 = 160 \text{ грн};$$

$$C_{m(8-11)} = 0,20 \cdot 1000 + 20 = 220 \text{ грн};$$

$$C_{m(9-12)} = C_{m(10-12)} = C_{m(11-12)} = 0,06 \cdot 1000 + 10 = 70 \text{ грн};$$

$$C_{m(9-13)} = C_{m(10-13)} = C_{m(11-13)} = 0,16 \cdot 1000 + 20 = 180 \text{ грн};$$

$$C_{m(9-14)} = C_{m(10-14)} = C_{m(11-14)} = 0,18 \cdot 1000 + 20 = 200 \text{ грн};$$

$$C_{m(12-15)} = C_{m(13-15)} = C_{m(14-15)} = 0,34 \cdot 1000 + 30 = 370 \text{ грн};$$

$$C_{m(12-16)} = C_{m(13-16)} = C_{m(14-16)} = 0,20 \cdot 1000 + 30 = 230 \text{ грн};$$

$$C_{m(15-17)} = C_{m(16-17)} = 0,02 \cdot 1000 + 10 = 30 \text{ грн};$$

$$C_{m(15-18)} = C_{m(16-18)} = 0,07 \cdot 1000 + 20 = 90 \text{ грн};$$

$$C_{m(17-19)} = C_{m(18-19)} = 0,40 \cdot 1000 + 40 = 440 \text{ грн};$$

$$C_{m(19-20)} = 0,005 \cdot 1000 + 5 = 10 \text{ грн};$$

В результаті використання описаного алгоритму ми отримуємо:

$$Z_{(1)} = 0;$$

$$Z_{(2)} = \min\{Z_{(1)} + C_{m(1-2)}\} = 0 + 150 = 150 \text{ грн};$$

$$\begin{aligned}
Z_{(3)} &= \min\{Z_{(1)} + C_{m(1-3)}\} = 0 + 120 = 120 \text{ грн}; \\
Z_{(4)} &= \min\{Z_{(1)} + C_{m(1-4)}\} = 0 + 300 = 300 \text{ грн}; \\
Z_{(5)} &= \min\{Z_{(3)} + C_{m(2-5)}\} = 120 + 70 = 190 \text{ грн}; \\
Z_{(6)} &= \min\{Z_{(3)} + C_{m(2-6)}\} = 120 + 100 = 220 \text{ грн}; \\
Z_{(7)} &= \min\{Z_{(3)} + C_{m(2-7)}\} = 120 + 110 = 230 \text{ грн}; \\
Z_{(8,9,10)} &= \min\{Z_{(5)} - C_{m(5,6,7-8)}\} = 190 - 70 = 120 \text{ грн}; \\
Z_{(11)} &= \min\{Z_{(8,9,10)} + C_{m(8-9)}\} = 120 + 140 = 260 \text{ грн}; \\
Z_{(12)} &= \min\{Z_{(8,9,10)} + C_{m(8-10)}\} = 120 + 160 = 280 \text{ грн}; \\
Z_{(13)} &= \min\{Z_{(8,9,10)} + C_{m(8-11)}\} = 120 + 220 = 340 \text{ грн}; \\
Z_{(14)} &= \min\{Z_{(11)} + C_{m(9-12)}\} = 260 + 70 = 330 \text{ грн}; \\
Z_{(15)} &= \min\{Z_{(11)} + C_{m(9-13)}\} = 260 + 180 = 440 \text{ грн}; \\
Z_{(16)} &= \min\{Z_{(11)} + C_{m(9-14)}\} = 260 + 200 = 460 \text{ грн}; \\
Z_{(17)} &= \min\{Z_{(14)} + C_{m(12-15)}\} = 330 + 370 = 700 \text{ грн}; \\
Z_{(18)} &= \min\{Z_{(14)} + C_{m(12-16)}\} = 330 + 230 = 560 \text{ грн}; \\
Z_{(19)} &= \min\{Z_{(18)} - C_{m(16-17)}\} = 560 - 30 = 530 \text{ грн}; \\
Z_{(20)} &= \min\{Z_{(18)} + C_{m(16-18)}\} = 560 + 90 = 650 \text{ грн}; \\
Z_{(21,22)} &= \min\{Z_{(19)} + C_{m(17,18-19)}\} = 530 - 440 = 90 \text{ грн}; \\
Z_{(23)} &= \min\{Z_{(21,22)} + C_{m(19-20)}\} = 90 - 10 = 80 \text{ грн};
\end{aligned}$$

Технологічний процес з мінімальною собівартістю проходить

тільки через ті події, для яких виконується умова

$$C_m = \sum_{i=l}^m C_{m(i-j)} \rightarrow \min$$

Найбільш економічний варіант проходить через вершини

1 – 3 – 5 – 8 – 9 – 12 – 16 – 17 – 19 – 20 .

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ

3.1 Методика експериментальних досліджень

DELMIA V5 (DPM) Експлуатаційні інструкції для обробки, автоматично генеруються. Інструкції з механічної обробки безпосередньо з САПР даних, звільняючи критично важливий персонал і скорочуючи час, необхідний для генерації обробних робіт та створення технічної документації.

Традиційно інструкції з роботи з механічної обробки створені вручну в середовищі САПР як частина робочого процесу, зменшуючи обсяг час, витрачений на фактичні конструкторські завдання. Потім, коли відбувається зміна конструкції або процес виготовлення, усі документи потрібно було б відтворити вручну. Це призвело у додатковий час, витрачений на неінженерні функції. Інструкція з роботи DELMIA V5 DPM звільняє цього часу, дозволяючи проектування групи бути більш продуктивними та зменшити витрати. Користувачі можуть асоціювати симуляції збірки та робочі інструкції з тривимірної геометрії та автоматичне відтворення документів при геометрії зміни, заощаджуючи цінний інженерний час. Інвестиції в інжиніринг повністю залучаються лише тоді, коли дані належним чином передаються всій вашій робочій силі. DELMIA V5 DPM

Робоча інструкція по механічній обробці надає інструменту можливість для редагування робочих інструкцій, які можна легко зафіксувати, і доставити будь які цінні технічні дані до механообробного цеху.

Надання інструкцій з експлуатації DELMIA забезпечує компанії гнучкість переходу від традиційного Двовимірні паперові інструкції щодо використання HTML для створювати інструкції, використовуючи стандартний Інтернет браузер або за допомогою 3D XML для створення електронних Документи Microsoft Office®. Це також може творити HTML-сторінки з тривимірною графікою, які дозволяють користувач маніпулює своїм виглядом збірки процес зсередини документа.

Це також дозволяє використовувати електронні робочі інструкції, створені в рішеннях DPM Shop від DELMA які надають інструменти для перегляду електронних робіт інструкції, взаємодіючи з 3D графікою для аналіз, перегляд симуляцій збірки обробляти та взаємодіяти із системами MES або ERP. Ця можливість покращує зв'язок з аутсорсингові виробничі операції, що забезпечують а більш ефективний спосіб пояснити та поділитися роботою інструкцій та зменшити час та гроші, витрачені на відвідування майданчиків та навчання працівників ефективно завершити свою частину процесу

3.2. Симуляція задачі, вибору технологічного процесу з трьох запропонованих варіантів



Рис 3.1 Основні етапи проектування виробництва деталі в цифровому просторі.

Користуючись програмним забезпеченням, змодельємо процес прийняття рішення алгоритмом по заданій нам пріоритетній характеристиці.

Технологічний процес виготовлення деталі «Казенник»

Варіанти технології	P_p Грн./шт.	P_v Грн./год.	C_m Грн.
1.Відрізна операція			
Стрічковою пилою	0,14	10	150
Електроерозійна обробка	0,11	10	120
Гідро абразивна обробка	0,23	70	300
2. Операція токарна чорнова			
Швидкоріжуча сталь	0,06	10	190
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,07	30	220
Твердосплавний карбідовий сплав	0,07	40	230
3 Термічна операція			
Нормалізація	0,06	10	120
4 Операція токарна			
Швидкоріжуча сталь	0,12	20	260
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,14	20	280
Твердосплавний карбідовий сплав	0,20	20	340
5 Багатоцільова			
Швидкоріжуча сталь	0,06	10	330
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,16	20	440
Твердосплавний карбідовий сплав	0,18	20	460
6 Багатоцільова чистова			
Твердосплавний карбідовий сплав	0,34	30	700
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,20	30	560
7 Операція токарна чистова			
Швидкоріжуча сталь з вмістом кобальту	0,02	10	530
Твердосплавний карбідовий сплав	0,07	20	650
8. Мийочна операція			

Промити на мийці	0,40	40	90
9. Пакувальна операція			
Пакувати на склад	0,005	5	80

Задана програма $N = 1000$ шт.

Вихідні данні зображено на табл. 3.1

3.3. Показники на виході симуляції.

Для кожної дуги (операції) визначаємо технологічну собівартість

$C_{m(i-j)}$ за формулою (3.1). Нехай $N = 2000$ шт. тоді:

$$C_{m(1-2)} = 0,54 \cdot 2000 + 60 = 1180 \text{ грн};$$

$$C_{m(1-3)} = 0,44 \cdot 2000 + 10 = 900 \text{ грн};$$

$$C_{m(1-4)} = 0,58 \cdot 2000 + 70 = 1190 \text{ грн};$$

$$C_{m(2-5)} = C_{m(3-5)} = C_{m(4-5)} = 0,06 \cdot 2000 + 10 = 1220 \text{ грн};$$

$$C_{m(2-6)} = C_{m(3-6)} = C_{m(4-6)} = 0,07 \cdot 2000 + 30 = 1470 \text{ грн};$$

$$C_{m(2-7)} = C_{m(3-7)} = C_{m(4-7)} = 0,07 \cdot 2000 + 40 = 1480 \text{ грн};$$

$$C_{m(5-8)} = C_{m(6-8)} = C_{m(7-8)} = 0,06 \cdot 2000 + 10 = 1220 \text{ грн};$$

$$C_{m(8-9)} = 0,12 \cdot 2000 + 20 = 2420 \text{ грн};$$

$$C_{m(8-10)} = 0,14 \cdot 2000 + 20 = 2820 \text{ грн};$$

$$C_{m(8-11)} = 0,20 \cdot 2000 + 20 = 4020 \text{ грн};$$

$$C_{m(9-12)} = C_{m(10-12)} = C_{m(11-12)} = 0,06 \cdot 2000 + 10 = 1220 \text{ грн};$$

$$C_{m(9-13)} = C_{m(10-13)} = C_{m(11-13)} = 0,16 \cdot 2000 + 20 = 3220 \text{ грн};$$

$$C_{m(9-14)} = C_{m(10-14)} = C_{m(11-14)} = 0,18 \cdot 2000 + 20 = 3620 \text{ грн};$$

$$C_{m(12-15)} = C_{m(13-15)} = C_{m(14-15)} = 0,34 \cdot 2000 + 30 = 7020 \text{ грн};$$

$$C_{m(12-16)} = C_{m(13-16)} = C_{m(14-16)} = 0,20 \cdot 2000 + 30 = 4030 \text{ грн};$$

$$C_{m(15-17)} = C_{m(16-17)} = 0,02 \cdot 2000 + 10 = 400 \text{ грн};$$

$$C_{m(15-18)} = C_{m(16-18)} = 0,07 \cdot 2000 + 20 = 1420 \text{ грн};$$

$$C_{m(17-19)} = C_{m(18-19)} = 0,40 \cdot 2000 + 40 = 8040 \text{ грн};$$

$$C_{m(19-20)} = 0,005 \cdot 2000 + 5 = 210 \text{ грн};$$



Рис 3.2 Приклад спроектованого цеху в цифровому середовищі.

Почали з'являтися такі характеристики вимірювання як балансування промислової лінії, розрахування ергономіки. Коли почали в цифровому середовищі використовувати людей як порівнювальну монету. Час її ходьби, ураховуючи 5ти хвилини та особисті життєві моменти, такі не мало важливі фактори, як людський фактор. В ході проектування майданчику можна одразу спроектувати кризисні варіанти розвитку подій, пов'язанні з погодними умовами, кризами, або навіть при зникненні підрядчиків система допоможе підібрати за короткий час нових партнерів тому що володіє великою базою торгово промислово та логістично великі потужності.

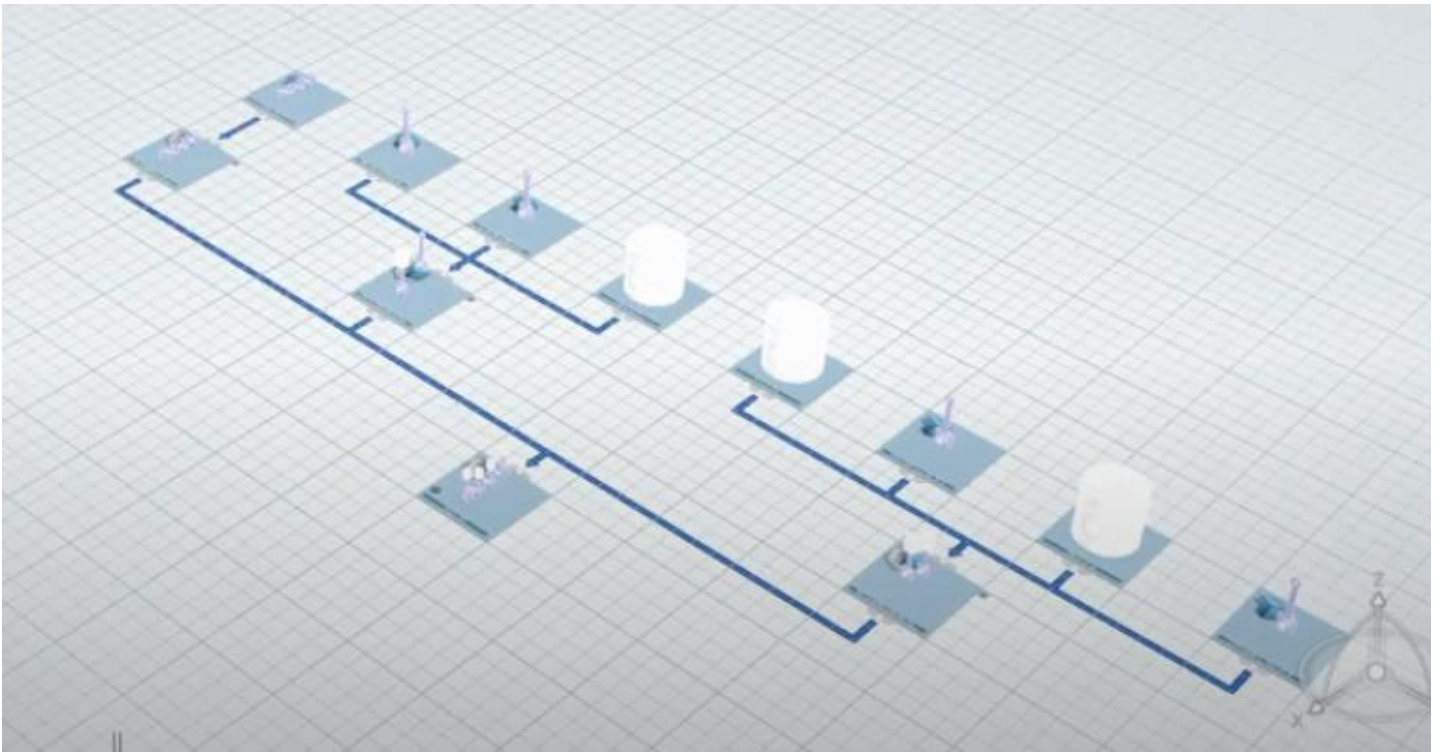


Рис 3.3. Проектування ТП з вибором оптимального шляху виготовлення

3.4. Модулі та функціонал

DELMIA Process Detailing & Validation

Здесь происходит детализация данных, полученных в процессе планирования с помощью программных модулей Process Planing. Проводится трехмерное моделирование производственных процессов с учетом реальных геометрических характеристик изделий. Выполняемым технологическим операциям соответствуют следующие модули:

DPM Assembly Planning – проектирование сборочных процессов;

DPM Fastener Planning – проектирование соединений;

DPM Machining Planning – планирование процессов обработки деталей;

DPM Inspection Planning – проектирование процессов контроля качества изделий;

MTM Planning – планирование времени выполнения операций.

Для точной оценки производительности можно подключить модуль DELMIA HUMAN, предназначенный для моделирования действий человека и эргономического анализа.

Моделювання та моделювання ресурсів DELMIA

Цей набір модулів пропонує інструментарій для розробки процесів безпосередньої обробки деталей. З його допомогою здійснюється формування програми для станків з ЧПУ, проектування процесів для промислових роботів, розробка програм оцінки якості виробів, розроблення ергономіки.

До цього напрямку відносяться наступні модулі:

DELMIA V5 ROBOTICS - проектування процесів з використанням промислових роботів (включає в себе віртуальне навчання, генерацію програми та всевозможний аналіз);

DELMIA V5 DPM POWERTRAIN - планування процесів механічної обробки;

DELMIA QUEST - інструмент для моделювання виробничих потоків та ефективного аналізу, а також для моделювання діаграми планування заводу;

DELMIA V5 INSPECT - контроль параметрів виробів.

Ці продукти роблять можливим досягнення оптимального балансу на виробництві з реальним обладнанням у потоках та реальними термінами, і, відповідно, дозволяють зменшити виробничі затрати.

Унікальна модель PPR забезпечує повне управління життєвим циклом виробів 3D PLM (Product Lifecycle Management) у представленні компаній Dassault Systèmes.

Компанії, забезпечені можливістю віртуального моделювання, можуть надалі контролювати циклові розробники своїх продуктів та виробничі потужності.

Можливість віртуального моделювання не тільки локальних процесів (таких, як програмування роботів і станків з ЧПУ, проектування деталей та оснащення в цифровому середовищі), як і всі етапи виробництва, початкові від концепцій та кінцевої утилізації, дозволяють якісно покращувати тимчасові та економічні параметри виробництва.

За сучасного стану системи DELMIA - це вдосконалення ідеології управління життєвою цикловою продукцією на базі цифрових марок компанії Dassault Systèmes, хоча вона працює не тільки з даними CAD / CAM-системи CATIA, але і з будь-якими іншими системами. У якості пропозиції можна внести широке поширення системи DELMIA на підприємства та філіали фірми General Motors.

Далі слід підкреслити, що ідеологія продуктів DELMIA повністю відповідає концепціям "цифрового підприємства", коли всі об'єкти та процеси моделювання використовуються на комп'ютерах до початку реальних фізичних дій над ними

3.5 Вплив роботів на розвиток імітаційного виробництва

1. Використання підходів до створення і розвитку команд управління проектами для їх ефективної спільної роботи в різних географічних локаціях і країнах;
2. Створення і впровадження методики узгодження технічних характеристик обладнання, що поставляється для російських підприємств;
3. Управління термінами виробничого життєвого циклу машинобудівного підприємства;
4. Контроль якості продукції, що поставляється на заводах - виробниках;
5. Забезпечення інтеграції обладнання, поставляється іноземними партнерами,

з обладнанням вітчизняних виробників;

6. Формування логістичних маршрутів в умовах жорстких кліматичних умов і віддаленості місць доставки;

7. Забезпечення шеф-монтажних і пусконаладжувальних робіт в жорстких умовах;

8. Забезпечення сервісної підтримки і виконання збільшених термінів гарантійних зобов'язань.

Зазвичай програмування робіт здійснюється з використанням комп'ютерної системи для розробки програм. У найпростішому випадку редактор представлені програми та перекладач. Тим не менше у багатьох системах проводяться процедури очищення та програми обробки помилок виконання включено. Тоді, якщо програма походить з цього рух між точкою та інше, одна артикуляція досягає вищого значення до межі, робот генерує помилку, яку можна прочитати оператором. Цей симулятор, здійснює щось подібне, показує, коли трапляється аварія або зіткнення, або коли воно перевищує ці границі артикуляції. Він також надає відповідні мова програмування робота. [1]

Для процесу моделювання необхідно створити теги та пов'язані з ними завдання робіт для них теги - це ті точки, для яких робіт виконуватиме зварювальні роботи. У середині панелі панель інструментів "Тег" вибрала піктограму

ім'я нової групи тегів і негайно з'явиться дерево PPR з назвою TagList. В

той самий набір інструментів існує функція створення а

новий тег, щоб придушити його новий тег вважається, що

необхідно зв'язати його з відповідною групою пізніше, щоб захопити тег у місці

який хоче виконати операцію Робот. В панель панелі інструментів "Послідовність"

Новий тег "Робот" вибрано і покладено це завдання на робота

KR16, щоб Робот міг здійснити зварювальні завдання необхідні для додавання міток до Завдання робота, для яких використовується інструмент із

ім'я Додати теги. Вибрано тип робота KR16 і шлях зварювання з цим роботом операції встановлюються автоматично. Завершувати

процес програмування, лише робіт для регулювання траєкторій руху. Це може

здійснювати за допомогою кулона Teach і рухаючи компасом для визначення рух робота або навіть з функцією всередині кулон Teach під назвою Jog, який маніпулює рухом робота через кожну з них їх ступеня свободи

Основні переваги роботів.

- Зниження затрат на робочу силу;
- прискорення виробничих процесів;
- підвищення точності та зменшення браку;
- економія матеріалу;
- енергосбереження;
- понижена вартість обробки;
- удосконалення управління;
- більш низька вартість інвентаря;
- гнучкість при переході до іншого проекту.

Автомобільна промисловість як і раніше лідирує по впровадженню робототехніки. Разом з електротехнічної / електронної галуззю вони охоплюють приблизно 60% ринку. Хоча кількість продажів дещо знизилася в порівнянні з 2017 роком, що не дивно - в цих галузях роботизація почалася давно і проводилася бурхливими темпами - прогноз на майбутнє досить позитивний. Наростають темпи впровадження промислових роботів в металургії, хімічній, харчової промисловості та ін.

Промислові роботи можуть застосовуватися всюди, де потрібна точність, швидкість, де треба виконувати монотонні або небезпечні для людини операції або працювати в агресивному середовищі ...

Нижче дані всього лише кілька прикладів використання робототехніки в різних галузях.

Автомобільна промисловість рис 3.6



Підвищення гнучкості виробничих систем, збільшення ступенів їх свободи вимагає постійної балансування виробничих ресурсів з періодично змінюється програмою випуску продукції. У практиці управління індустріальним виробництвом це зводиться до складання розкладу технологічних операцій з послідовною обробкою деталей партіями, по черзі виконуються на різних ділянках виробничого процесу. Теоретично, з метою зменшення часу обробки черг і скорочення виробничого циклу, може бути сформована мінімальна за тривалістю виконання послідовність операцій, що забезпечує безперервну і узгоджену роботу всіх виробничих ділянок.

Однак на практиці виконати цю умову не представляється можливим, оскільки число варіантів послідовного запуску партій зростає в місті з розміром і складністю номенклатури іздeлій¹⁸. Останнє є причиною затяжних організаційнотехнологісeкiх збоїв, які призводять до зсуву / збігом операцій за часом, в результаті чого виникають простой обладнання і / або пролежування деталей в чергах на обробку зважаючи на його зайнятості

3.6 Висновок розділу

Існує велика вигода робити програмування поза мережею замість програмування в режимі он-лайн, оскільки виробництво не потрібно зупиняти. Якщо код також можна перевірити в режимі офлайн за допомогою віртуальної моделі та виправити помилки до фази виробництва, можна заощадити багато часу та грошей. У проекті козлового крана в рамках кандидатської дисертації час простою скоротилося приблизно з 10 тижнів до 2 годин²¹.

За допомогою моделювання можна розпочати розробку системи управління раніше. Сьогодні розробнику системи управління потрібно почекати, поки не буде побудований прототип, щоб зробити можливим запуск на ньому своєї програми. За допомогою симуляторів та віртуальних машин код можна запустити та протестувати на віртуальній машині до створення прототипу. Цей спосіб роботи також може виявити проблеми та неправильність конструкції та геометрії, які можна виправити до того, як буде побудований реальний прототип. Також можна відкинути концепції та ідеї, які не працюють, до того, як буде побудований справжній прототип. Якщо відкинути їх якомога раніше в процесі розробки, це заощадить багато часу та грошей, що може бути використано для розробки концепцій, які працюють ще краще. За допомогою симуляторів та віртуальних машин не буде черги до реального прототипу машини для тестування коду. Натомість різні розробники можуть одночасно запускати власний код на різних віртуальних машинах. Якщо в процесі розробки бере участь багато людей, і доступний лише один реальний прототип, може бути багато очікування, поки прототип не буде зайнятий.

Ще однією важливою метою моделювання є навчання операторів. Це використовується протягом багатьох років у деяких важливих галузях промисловості, тобто пілоти для літаків навчаються на льотних тренажерах, а оператори атомних станцій - на повномасштабних тренажерах диспетчерської. Проводячи це навчання, оператори можуть тренуватися у незвичних та небезпечних ситуаціях, не завдаючи шкоди людям та пошкоджуючи матеріал та машини. Симуляція дає можливість експериментувати з реальністю.

Фактори які допоможуть при виборі встановлення робота

1.) Розмір і складність системи: чим більша у вас система, тим більша ймовірність того, що вам потрібен робот, який може виконувати кілька кроків одночасно.

Наприклад, якщо ви автоматизували довгу конвеєрну лінію з декількома виробничими етапами, ви могли б мати робота, який одночасно складатиме піддони готових виробів і переміщуватиметь складені піддони в іншу сторону приміщення. Оскільки більша автоматизована система може бути складною, має сенс спростити якомога більше кроків таким чином. Крім того, чим більше осей руху у вашого окремого робота (від трьох до десяти для промислових роботів), тим складніші та різноманітніші рухи може здійснювати ваш окремий робот, що може бути дуже корисним для консолідації кроків. Звичайно, для багатьох виробничих застосувань простота є ключовою, а трьох осей руху достатньо.

2.) Ступінь автоматизації: Роботи, швидше за все, будуть використовуватися на більших заводах, оскільки промислові роботи можуть носити високі ціні, а також тому, що більші заводи часто хочуть автоматизувати у вищій мірі. Менші операції частіше використовують людей для виконання тих самих завдань. При автоматизації процесу виробник має вибір щодо того, наскільки вона зробить систему повністю автоматичною, на відміну від ручної. Оскільки роботи часто використовують як комплімент більшим системам автоматизації, чим більш автоматична система, тим більша ймовірність, що роботи будуть її частиною. Роботів дуже легко програмувати для злиття з програмним забезпеченням більшої автоматизованої системи, що робить їх легким додаванням на логічних етапах процесу.

3.) Рівень точності та швидкості, які вам потрібні: Роботи можуть виконувати дуже точні завдання дуже швидко. У деяких виробничих процесах ці аспекти є критичними. Наприклад, при виробництві медичних шприців навіть найменша неточність може призвести до непридатності продукту. Крім того, якщо виробничий процес передбачає перевірку або випробування, роботи пропонують просте рішення. Незалежно від того, використовуються вони разом із системою візуального контролю

або використовуються окремо для проведення функціональних випробувань, роботи можуть значно пришвидшити процес перевірки.

4.) Роботи мають додатки і в менших автоматизованих системах: Хоча більші виробники все ще частіше купують роботів, ніж менші виробники, є багато випадків, коли менший виробник може захотіти розглянути роботи. У багатьох випадках, оскільки роботи представляють собою готові, легко програмовані блоки, вони часто пропонують прості рішення в рамках будь-якого типу автоматизації. Отже, якщо ви розглядаєте питання автоматизації, ваш інженер може вважати, що найкраще інтегрувати роботу у вашу систему. Крім того, зараз на ринку є більше роботів, орієнтованих спеціально на менших виробників, таких як робот Бакстер, який був розроблений спеціально для зручності використання в менших операціях.

5.) Наскільки ймовірно, що ваш процес зміниться та зросте в майбутньому? Оскільки роботів можна швидко та легко перепрограмувати та адаптувати для нових завдань та процесів, наявність робота у вашій системі полегшить роботу, якщо вам коли-небудь знадобиться змінити виробничий процес. Наприклад, якщо ваша компанія виробляє бампери для стільникових телефонів, можливо, вам доведеться міняти продукт і обробляти щоразу, коли новий телефон дебютує. Якщо у вашому процесі використовуються роботи, ви можете легко налаштувати роботів на обробку та обробку нових випадків різного розміру та характеру, не витрачаючи багато грошей на заміну основних частин вашої системи.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ТОЧНІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ТА МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ ВИГОТОВЛЕНИХ НА 3D-ПРИНТЕРІ»

4.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в даній дисертації як впливають характеристики при промисловості деталей на точність поверхні, а конкретно шорсткість поверхонь деталей, було розроблено програмний продукт, з метою оцінки та оптимізації даних імперичних параметрів для покращення класу шорсткості.

У даному параграфі представлені результати аналізу стартап проекту, для знаходження можливості виходу програмного продукту на ринок. У таблиці 4.1 представлена інформаційна карта проекту:

Таблиця 4.1 – Інформаційна записка проекту

1 Назва проекту	3D-printing Precision
2.Автори проекту	Сухіашвілі В.В.
3 Коротка анотація	У даному проекті розглянуто створення та упровадження програмного продукту з підвищення точності поверхонь деталей виготовлених на 3D-принтері.
4. Термін реалізації проекту	9 місяців
5. Необхідні ресурси	1. Інтелектуальні – знання автора 2. Матеріальні – комп'ютерне обладнання
6. Опис проблеми, яку вирішує проект	Проект вирішує проблему точності виготовлення та шорсткості поверхонь деталей за допомогою адитивних технологій.
7. Головні цілі та завдання проекту	Головна ціль в упровадженні програмного продукту. Завдання: 1. Розробка програмного забезпечення

	2. Реалізація на ринку 3. Отримання прибутку
8. Очікувані результати	Реалізація проекту дасть програмне забезпечення, що дозволить підвищити точність поверхонь отриманих після 3D друку.

У таблиці 4.2. зображено зміст, ідея та базові ринки для пошуку цільової аудиторії та клієнтів:

Таблиця 4.2 – Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Розробка програмного продукту для покращання точності поверхонь деталей.	Підприємства, що виготовляють деталі за допомогою адитивного виробництва.	1. Підвищення точності виробу 2. Підвищення якості Виробництва.
	Проектування технологічних процесів	1. Підвищення ефективності проектування 2. Прискорення та покращення Проведення вірних розрахунків. 3. Підвищення точності та зменшення похибки отриманих результатів.

Отже, пропонується створення програмного забезпечення для покращення точності виготовлення деталей, на основі проведених дослідів та статистичних розрахунків залежностей, що дозволить покращити клас шорсткості

У таблиці 4.3 наведений аналіз можливих техніко-економічних переваг даної ідеї при порівнянні пропозицій конкурентів:

- визначимо техніко-економічні характеристики даної ідеї;
- визначимо орієнтовне коло конкурентів (товарів-замінників), проведемо аналіз техніко-економічних показників проектів конкурентів;
- виконаємо порівняльний аналіз показників: для ідеї визначено показники, що мають а) кращі значення (S, сильні); б) аналогічні значення (N, нейтральні); в) гірші значення (W, слабкі)

Таблиця 4.3 – Аналіз кращих, аналогічних та гірших характеристик ідеї

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	Товари конкурентів			S	N	W
		Мій проект	Розробка «ХПЗ»	Розробка «МКЗТ»			
1.	Аналіз даних на коректність	+	-	-	+		
2.	Надійність системи	висока	висока	висока		+	
3.	Точність системи	висока	висока	висока		+	
4.	Торгівельна марка	-	+	+			+
5.	Універсальність	середня	висока	середня		+	
6.	Вартість	низька	висока	висока	+		

Отже, аналізу характеристик проекту з конкурентами визначає сильні, нейтральні та слабкі сторони, після цього можна сформулювати висновок щодо конкурентоспроможності даної ідеї. Сильними сторонами є аналіз даних на коректність та низька і доступна вартість. Нейтральними сторонами є точність та надійність системи. Недолік мого програмного продукту це відсутність торгової марки, що є показником невідомості для клієнтів та нема захищеності від плагіату.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Для реалізації ідеї створення проекту виконується аудит технології.

У таблиці 5.4 визначено технологічну здійсненність ідеї, що аналізує такі складові:

- технологія, що використовується при реалізації проекту;
- доступність технологій;
- наявність технологій;

Таблиця 4.4 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології, що використовуються	Наявність технології	Доступність технології
1.	Аналіз даних на коректність	Мова програмування Java	Наявні	Доступні
2.	Імпорт параметрів	Мова програмування Java	Наявні	Доступні
2.	Розрахунок залежностей	Мова програмування Java	Потребують створення	Доступні
3.	Експорт результатів у вигляді G-коду	Мова програмування Java	Наявні	Доступні

Аналізуючи дані таблиці можна зробити висновок, що даний проект потребує створення частини програмного забезпечення яка реалізує розрахунок залежностей, а інші пункти можна виконати за допомогою наявних і доступних технологій. Це створення лінійних залежень, які будуть розраховуватись за допомогою регресійного аналізу, але потрібно також створити перелік стандартних значень та набір можливих змінних.

Частина технологій, які використовуватися при реалізації продукту є доступними та потребують мінімальних доопрацювань, що значно спрощує розробку, а додаткові витрати складають не значні суми. Доступ до цих технологій знаходяться у відкритому доступі.

Отже, технологічна здійсненність проекту є частковою.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Аналізуємо наші ринкові можливості, щоб використати їх під час реалізації проекту на ринок, а також ринкові загрози та перешкоди, які можуть виникнути. Це дозволяє скласти план розвитку та врахувати ринкові потреби клієнтів та оцінити пропозиції програм-конкурентів.

В таблиці 5.5 наведений аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку.

Таблиця 4.5 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	5
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од (1 рік /2 рік /3 рік)	50 000 / 250 000 / 500 000
3.	Динаміка ринку	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу	відсутні
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ІЕЕЕ, ДСТУ
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	40%

Визначено, що динаміка ринку зростає та попит на даний продукт на високому рівні. При малих ресурсах обмеженні для входу, потенційно легко успішно вийти на ринок, незважаючи на наявність проектів-ворогів в даній галузі.

У таблиці 4.6 визначимо потенційну цільову аудиторію та групи клієнтів, їх характеристики, та визначимо орієнтовний перелік вимог для кожної групи товару.

Таблиця 4.6 – Характеристика потенційних клієнтів стартап проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Програмний продукт для аналізу і покращення точності поверхонь деталей виготовлених за допомогою адитивних технологій	«Артем», «Арсенал», «КБ Антонов»	Надійність, довговічність, ціна.	Зручність у використанні, невисокі технічні вимоги, правильність розрахунку.

Отже, потенційною групою клієнтів даного продукту є підприємства приладо- та машинобудування, та авіа- і ракетобудівна галузь.

Загрози, які можуть з'явитись при використанні даної технології наведені в таблиці 4.7. Для попередження таких ситуацій необхідна підтримка висококваліфікованих інженерів та постійний моніторинг потреб ринку.

Таблиця 4.7 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конфігурація обладнання	На підприємстві виготовлення деталей буде відбуватись іншим методом друку	Реалізація продукту для різних методів та технологій друку
2.	Конфігурація параметрів	Не передбачені параметри для зміни	Збільшення кількості можливих параметрів в залежності від потреб підприємства.
3.	Конкуренти	Технологія 3D-друку активно розвивається	Моніторинг ринку
4.	Технічні питання	Відсутність покрокової інструкції	Постійна підтримка кваліфікованими інженерами.

Фактори загроз показані в таблиці 4.7, їх необхідно контролювати, щоб зменшити вплив на якість отриманих послуг для клієнта. Для цих факторів описаний ряд рекомендацій, щоб здійснити їх усунення.

Таблиця 4.8 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Спосіб використання	Більша кількість точок зв'язку з користувачем	Створення аналога з більшими можливостями
2.	Універсальність	Використання продукту в різних методах розрахунку	Розробка компактного, портативного та універсального продукту
3.	Розробка нових програмних продуктів	Залучення нових працівників	Створення продуктів для різних методів друку

Показано потенційні фактори можливостей, які допомагають реалізації даного продукту на ринку, а також можливі реакції компанії (табл 4.8).

У таблиці 4.9 проведений ступеневий аналіз конкуренції на ринку: визначимо основні особливості конкурентного середовища та його прояви.

Таблиця 4.9 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії)
1. Олігополія	Переважає домінація декількох конкуруючих підприємств	Виготовлення конкурентоспроможного товару
2. Національний	Конкуренція на міжнародному рівні	Зниження вартості, адаптація продукту для національного ринку
3. Товарно-видова	Конкуренція між продуктами з вирішенням схожих питань	Розширення можливих функцій
4. Внутрішньогалузева	Конкуренти виготовляють продукт, що вирішує одне питання	Розробка нових технологій
5. Цінова	Вартість це важливий фактор на який звертає увагу багато підприємств, особливо дрібних.	Зменшення вартості продукту або збільшення функцій при такій же вартості як і в конкурентів.
6. Марочна	Зареєстрований бренд, марка вказує на підприємство, яке відповідає за готовий продукт	Створення та реєстрація власної марки.

Аналізуючи бачимо, що особливості конкурентного середовища дають нам великі перспективи та можливості для конкурентної боротьби.

Проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в різних галузях виробництва (табл. 4.10).

Таблиця 4.10 – Аналіз конкуренції за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Розробки «ХПЗ» та «МКЗТ»	«Boeing»	Підприємства і є постачальниками на ринок.	Клієнти встановлюють оцінку продукту, що просуває ⁷ продукт	Товари з більш широким функціоном
Висновки:	Вже відомі національні заводи займаються такими розробками, та мають більший вплив на подібні підприємства	Авіабудівна компанія світу починає займатись власними розробками в даній сфері, необхідно прямувати до заданих стандартів щоб бути конкурентноспроможними.	Зменшує рівень додаткових витрат.	Потреби клієнта це ключовий фактор, так як вони створюють попит.	Збільшення конкуренції

Аналізуючи було визначено прямих та потенційних конкурентів, також було визначено що головним фактором є клієнти.

Визначимо перелік факторів конкурентоспроможності (табл. 4.11).

Зазначена оцінка є орієнтовною, так як продукт ще не реалізовано.

Таблиця 4.11 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Новизна	Нова технологія дозволяє отримати продукт, здатний стати конкурентоспроможним
2	Технічні вимоги	Програма не потребує високого рівня технічних вимог обладнання.
3	Собівартість	Низька собівартість продукції
4	Ціновий фактор	Встановлення вартості продукту для охоплення підприємств з різними серіями виробництва.
5	Гарантія та підтримка	Надання гарантії та технічну підтримку продукту.

Проведемо порівняльний аналіз сильних і слабих сторін нашого продукту (табл 4.12).

Таблиця 4.12 – Порівняльний аналіз сильних та слабих сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Новизна	16				X			
2	Технічні вимоги	14					X		
3	Собівартість	17							X
4	Ціновий фактор	12				X			
5	Гарантія та підтримка	12					X		

Аналіз сильних та слабких сторін показав, що новизна, ціновий фактор дають проекту бути конкурентноспроможним.

Таблиця 4.13 – SWT – аналіз стартап проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - корисність - зручність у використанні - при вартості як у конкурентів є більше функцій - надання технічної підтримки - є попит на ринку 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - відсутність патентів - продукт не зарекомендував себе на ринку
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отримання держзамовлень 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проблеми з постачальниками - технічний збій
<ul style="list-style-type: none"> - розширення програмного продукту для охоплення більшого ринку - розширення на іноземному ринку - збільшення продажів 	<ul style="list-style-type: none"> - використання іншого методу друку - поява більш модернізованої продукції - втрата клієнтів

Проведено SWT – аналіз продукту (табл 4.13). Вказано сильні та слабкі сторони продукту, можливості та загрози зі сторони конкурентів. SWT - аналіз допомагає в розумінні, яка загрози можуть стати перешкодою при виході на великий ринок.

На основі SWT – аналізу розробимо альтернативи поведінки ринкового впровадження продукту та його виведення на ринок, строки реалізації продукту, ймовірності отримання ресурсів (табл. 4.14).

Таблиця 4.14 – Альтернативи ринкового впровадження стартап проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Компенсація слабких сторін стартапу	50%	1 рік
2	Стратегія виходу з ринку	20%	
3	Нейтралізація загроз	60%	1,5 року
4	Стратегія розвитку можливостей	80%	1 рік

На основі аналізу визначаємо, що обравши стратегію розвитку можливостей, в короткий строк реалізації, можна краще впровадити стартап проект на ринок.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Першим кроком розроблення ринкової стратегії є визначення стратегії охоплення ринку, тобто опис потенційних споживачів (табл 4.15).

Таблиця 4.15 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Приватні власники	Готові	Високий попит	Висока	Середня
2	Державні підприємства	Готові	Високий попит	Низька	Складна
Які групи обрано приватних власників.					

На основі аналізу цільових груп споживачів були обрані групи приватних підприємців для яких буде запропонований наш продукт з покращення точності поверхонь деталей вироблених за допомогою адитивних технологій.

Визначимо та сформуємо розвиток базової стратегії для роботи в обраному сегменті ринку (табл 4.16).

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Стратегія розвитку можливостей	Орієнтуватись на захоплення більше різних методів виробництва адитивними технологіями, розширення функціоналу програми.	Низький рівень оплати за більший функціонал.	Стратегія розвитку.

За базову стратегію обрано стратегію розвитку, що передбачає розширення функціоналу програмного продукту.

Оберемо стратегію конкурентної поведінки (табл. 4.17).

Таблиця 4.17 – Стратегія конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або	Чи буде компанія копіювати основні характеристики	Стратегія конкурентної поведінки*
		забирати існуючих у конкурентів?	товару конкурента, і які?	
1	Ні	Компанія буде забирати існуючих клієнтів	Так - схожість розрахунку	Стратегія наслідування лідеру

Для входу на ринок обрано стратегію наслідування лідеру, це дозволить зменшити боротьбу з конкурентами, зосередитися на підвищенні кількості клієнтів та прибутку.

У таблиці 4.18 показано як, в залежності від обраних стратегій розвитку та стратегій конкурентної поведінки, на основі обраного сегменту, розробимо стратегію позиціонування, яка буде показувати ринкову позицію, згідно якої клієнти зможуть ідентифікувати проект

Таблиця 4.18 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Висока точність	Стратегія розвитку	Низька вартість та високий функціонал	Висока точність, технічне обслуговування, моніторинг попиту.

Результатом є вибір такої базової стратегії як стратегія розвитку, за стратегію конкурентної поведінки обрано стратегію наслідування лідеру. Приватні підприємства обрано як цільову аудиторію, щоб отримати нових клієнтів.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту

Першим кроком при розробці маркетингової програми є розробка маркетингової концепції товару, що отримає споживач.

Проведемо аналіз конкурентоспроможності товару в таблиці 4.19.

Таблиця 4.19 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1.	Якість	Висока якість	Розробка проекту здійснювалась на основі результатів досліджень.
2.	Доступність	Доступність продукції	Невисока вартість
3.	Точність	Висока точність	За рахунок постійного аналізу, продукт має високу точність.

Продукт про покращенню точності поверхонь деталей виготовлених на 3D-принтері задовільняє всім вимогам клієнтів.

Щоб уточнити ідею продукту, фізичні складові, основні його характеристики та особливості процесу його надання розробимо трирівневу маркетингову модель товару (табл. 4.20).

Таблиця 4.20 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Програмний продукт, який аналізує залежність вхідних технологічних режимів друку та покращує точність поверхонь виготовлених деталей.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Безпека	М	Тх
	Точність	Нм	Тл
	Економічність	Нм	Вр
	Надійність	М	Тл
	Довговічність	Нм	Тх
	Технологічність	М	Тх
	Якість: Відповідає стандартам		
	Пакування: електронний носій		
Марка: назва організації			
III. Товар із підкріпленням	Розповсюдження реклами		
	Акції на різні пакети програми.		
Захист від копіювання: інтелектуальна власність, патенти.			

Визначимо рівень витрат, що є необхідними для створення стартапу (табл. 4.21).

Таблиця 4.21 – Витрати на створення стартапу

№ п/п	Стаття витрат	Обсяг витрат, тис.грн.
1.	Придбання технічного обладнання	300
2.	Оренда приміщення	20
3.	Проектування програмного продукту	80
4.	Тестування продукту	15
5.	Виплати персоналу	180
6.	Реклама	40

Наступним кроком є визначення цінової політики, при формуванні якої необхідно керуватися аналізом цін конкурентів та змоги потенційних споживачів до придбання продукту (табл 4.22).

Таблиця 4.22 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	30 000 грн	45 000 грн	Високий	25 000 - 32 000 грн

Після проведення аналізу цін конкурентів встановлено межі ціни на власний продукт.

Сформуємо власну систему збуту, оберемо, як виробник продає товар клієнту, канали збуту, канали контакту з клієнтом (табл. 4.23).

Таблиця 4.23 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Передбачена модифікація продукту: зміна пакетів програми, розширення функціоналу, збільшення методів друку.	Встановлення продукту, первинне навчання, діагностика та підтримка.	Нульовий рівень	Продаж безпосередньо клієнту від виробника а також продаж в сертифіковані підприємства які займаються власним пошуком клієнтів.

Обрано продаж товару клієнту напряду від виробника та збут в підприємства-посередники. Обрано канал нульового рівня, тому що компанія прагне перш за все вийти на ринок з власною базою клієнтів та надавати постійну підтримку (табл 4.24).

Таблиця 4.24 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Ознайомлення з товаром на сайті, допомога технічного консультанта, можливість отримати демо-версію програми, гарантія	Сайт компанії, соц. мережі, телефон, виставки.	Точність наданої інформації	Знаходження цільових клієнтів за допомогою зацікавленості.	Точність, переваги.

Висновки до розділу

Аналіз переваг програмного продукту з покращення точності поверхонь деталей виготовлених за допомогою адитивних технологій в порівнянні з вже існуючими системами автоматизації конкурентів.

Визначено ряд потенційних переваг продукту, проведено аналіз сильних та слабких сторін продукту, визначено підприємства-конкурентів та продуктів-замінників, що вже існують на ринку.

Виявлено, що основним у даного продукту є високий потенціал реалізації, за рахунок низької кількості програм-конкурентів. Також даний продукт оснований на реальних дослідженнях, та знаходиться постійному аналізі, що дає високий рівень точності розрахунків – а це основна вимога покупця.

Для входу на ринок обрано стратегію наслідування лідеру, це дозволить зменшити боротьбу з конкурентами, зосередитися на підвищенні кількості клієнтів та прибутку.

Отже, подальша реалізація продукту є доцільною за рахунок сильних сторін продукту і наявного попиту на ринку.

ВИСНОВОК

У результаті проведених досліджень вирішено науково-технічна задача підвищення показників моделей виготовлених за допомогою алгоритмів:

1. Проведено аналіз літературних джерел щодо процесу друку виробів виготовлених в умовах адитивного виробництва, та визначено основні технологічні

показники, які впливають на точність геометричних параметрів зразків деталей.

2. Проведено експериментальні дослідження показників точності зразків процесу друку виробів виготовлених за технологією FDM-друку.

3. Встановлено математичні залежності показників шорсткості поверхонь

деталей виготовлених за технологією 3D-друку від технологічних параметрів процесу швидкого прототипування.

4. Створено математичну модель та розроблено алгоритм прогнозування

параметрів точності виробу, одержуваного в умовах адитивного виробництва.

5. Розроблено стартап-проект впровадження та реалізації продукту.

6. За допомогою моделювання можна розпочати розробку системи управління раніше. Сьогодні розробнику системи управління потрібно почекати, поки не буде побудований прототип, щоб зробити можливим запуск на ньому своєї програми. За допомогою симуляторів та віртуальних машин код можна запустити та протестувати на віртуальній машині до створення прототипу. Цей спосіб роботи також може виявити проблеми та неправильність конструкції та геометрії, які можна виправити до того, як буде побудований реальний прототип. Також можна відкинути концепції та ідеї, які не працюють, до того, як буде побудований справжній прототип. Якщо відкинути їх якомога раніше в процесі розробки, це заощадить багато часу та грошей, що може бути використано для розробки концепцій, які працюють ще краще. За допомогою симуляторів та віртуальних машин не буде черги до реального прототипу машини для тестування коду.

Натомість різні розробники можуть одночасно запускати власний код на різних віртуальних машинах. Якщо в процесі розробки бере участь багато людей, і доступний лише один реальний прототип, може бути багато очікування, поки прототип не буде зайнятий.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРА

1. Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: [Текст] : навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.
2. Антонюк В.С., Белова А.В., Петренко С.Ф. Підвищення точності позиціонування лінійних направляючих мікроманіпуляційних систем з п'єзоелектричним двигуном // Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – Вип.2 (17)- С. 12 - 20.
3. Антонюк В.С., Белова А.В., Петренко С.Ф. Позиціонування лінійних п'єзоелектричних мікроманіпуляційних систем // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: збірник наукових праць 2009. Вып 7 - С. 13 – 25.
4. Антонюк В.С., Белова А.В., Петренко С.Ф. Вплив параметрів п'єзоелектричного двигуна на точність систем прецизійного позиціонування // Сб. “Вісник НТУУ ”КПІ”. Машинобудування”.- 2008. – № 54. – С. 36 – 42.
5. Антонюк В.С., Белова А.В., Петренко С.Ф. Пьезоэлектрические двигатели в современных технологиях // Оборудование и инструмент для профессионалов.- 2008.– № 4. – С. 74– 77.
6. Антонюк В.С, Петренко С.Ф., Матяш І. Х., Белова А.В. Динамічна модель лінійної направляючої мікроманіпуляційної системи з п'єзоелектричним двигуном // Вісник Черкаського державного технологічного університету № 4 - 2009. – С. 13-19.
7. Новаковский А.Г., Антонюк В.С., Петренко С.Ф. Применения пьезоэлектрических актуаторов в микроманипуляторах // Вісник Черкаського державного технологічного університету: Серія технічні науки – Черкаси.: ЧДТУ
8. Новаковский А.Г., Антонюк В.С. Анализ современных технологических подходов к аддитивному производству // Республиканский межотраслевой производственно практический журнал. - Минск – № 3(72) – 2016.– С. 11 – 12.
9. Е. Я. Чонка, О. Г. Новаковський, В. В. Серов // Дослідження якості

поверхні при виготовленні моделей на 3D-принтері / Процеси механічної обробки,

10. *Альянах И. Н.* Моделирование вычислительных систем. — М.: Машиностроение, 1988. — 214 с.
11. *Андреанов А. Н., Бычков С. П., Хорошилов А. И.* Программирование на языке СИМУЛА-67. — М.: Наука, 1985. — 288 с.
12. *Бусленко Н. П.* Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1968. — 355 с.
13. *Васильева Н. Л., Окорокова Е. А., Протасова Т. Б., Ривес Н. Я.* Моделирование в автоматизированных обучающих системах. — М.: НИИВШ, 1986. — 44 с.
14. *Дудорин В. И., Лыкова Л. Н., Сиротин А. В.* Моделирование структур АСУ на ЭВМ. — М.: Финансы и статистика, 1982. — 168 с.
15. *Ермаков С. М., Михайлов Г. А.* Статистическое моделирование. — М.: Наука, 1982. — 296 с.
16. *Соломатин Н. А., Беляев Г. В., Петроченко В. Ф., Прошлякова Е. В.* Имитационное моделирование в оперативном управлении производством. — М.: Машиностроение, 1984. — 208 с.
17. Имитационное моделирование производственных систем / Под общ. ред. *А. А. Вавилова*. — М.: Машиностроение. — Берлин: Техника, 1983. — 416 с.
18. *Киндлер Е.* Языки моделирования. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 288 с.
19. *Клейн Дж.* Статистические методы в имитационном моделировании. — М.: Статистика, 1978. — Т.1. — 222 с., Т.2. — 335 с.
20. *Нейлор Т.* Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. — М.: Мир, 1975. — 500 с.
21. *Прицкер В.* Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II. — М.: Мир, 1987. — 645 с.
- Aníbal Ollero Baturone. Robótica Manipuladores y Robots Móviles. Alfaomega, 2001.*
22. *Jim Caie.* Discrete manufacturers driving results with delmia v5 automation platform.
ARC Advisory Group, 2008.

23. Frank S. Cheng. A methodology for developing robotic workcell simulation models. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, 2000.

24. Magnus Olsson Mikael Fridenfolk and Gunnar Bolmsjö. Simulation based design of a robotic welding system. Div. of Robotics, Dept. of Mechanical Engineering, Lund University, 2000.

CIMdata, The Benefits of Digital Manufacturing;

http://www.delmia.com/gallery/pdf/CIMdata_ROI_Study.pdf, 2005-05-13

Dassault Systèmes , Delmia V5 Automation:Fact Sheet R15;

http://www.3ds.com/fileadmin/newsevents/automation/Automtn_FactSheet.pdf, 2005-05-11

Dassault Systèmes , Press release;

<http://www.3ds.com/news-events/press-room/release/836/1/>, 2005-04-13

Delfoi Finland, Delmia Automation;

http://www.delfoi.com/web/news/fi_FI/Seminaari_16_6/ files/73357998079083371/default/DELMIA%20Automation%20-%20DELFOI%20Workshop.ppt_light.ppt, 2005-07-20

Delmia, Our History;

<http://www.delmia.com/discover/html/our-history.htm>, 2005-04-11

Delmia, Automation;

<http://www.delmia.com/solutions/html/automation.htm>, 2005-04-11

Delmia, Automotive;

<http://www.delmia.com/solutions/html/automotive.htm>, 2005-04-11

Dextus, Dassault Systèmes;

<http://www.dextus.net/fo/pages/php/dassaultsystems/dassaultsystems.php>, 2005-04-12

Dextus, Delmia;

<http://www.dextus.net/fo/pages/php/delmia/delmia.php>, 2005-04-12

Dextus, Dextus;

<http://www.dextus.net/fo/pages/php/dextus/dextus.php>, 2005-04-12

EC&M, What to know about PLC ladder diagram programming;

http://www.ecmweb.com/mag/electric_know_plc_ladder/, 2005-04-19

Halogen, Tetra Laval;

<http://www.halogen.se/customer.asp?navid=50&item=15>, 2005-04-08